Digitized by Google

S 38.25.6(2)

HARVARD
COLLEGE
LIBRARY

Digitized by Google

S 38.25 6(2)

HARVARD
COLLEGE
LIBRARY

Digitized by Google

Physikalisches Wörterbuch

VI. Band.

Zweite Abtheilung.

Ma.

Digitized by Google

Digitized by Google

Johann Samuel Traugott Gehler's

Physikalisches

Wörterbuch

neu bearbeitet

von

Brandes. Gmelin. Horner. Muncke. Pfaff.

Sechster Band.

Zweite Abtheilung.

Ma.

Mit Kupfertafeln XII bis XXVI. und Charten I bis IV.

Leipzig,
bei E. B. Schwickert.
1836.

Digitized by Google

S38,25 (6c)

Digitized by Google

M.

M a g i e.

Natürliche Magie, natürliche Zauberkunst; *Magia, magia naturalis;* Magie, magie naturelle; *Magic.*

Die Magie, auch natürliche Magie, natürliche Zauberkunst genannt, welche ehemals mit der Physik nahe verwandt war und zuweilen selbst für identisch mit ihr gehalten wurde, ist gegenwärtig gänzlich davon getrennt und kann bloſs historisch in ihr Gebiet gezogen werden. Das Wort Magie (*magia* oder *magice, μαγικὴ* scil. *τέχνη*) stammt ursprünglich von einem persischen Worte *Magus*, welches einen Priester oder einen Weisen, also auch einen Propheten, einen Weissager[1], zugleich aber auch einen Zauberer[2] bezeichnete. Die Römer rechneten zwar die Anwendung aller Arten von Mitteln zu Erzeugungen von Wirkungen, die nicht augenfällig aus ihnen hervorgingen, mithin auch die Ausübung der Arzneiwissenschaft unter die Magie[3], unterschieden jedoch schon in den ältesten Zeiten die offenkundigen Arzneien, die der Heilkunst angehören, von den geheimen, sympathetisch oder zauberisch wirkenden, welche schon in den zwölf Tafeln verboten waren[4], und nannten jenes *medicina*, dieses *magia.* Wie bei den Römern pflanzte sich auch der von den Persern entlehnte Name zusammt der allen ungebildeten Völkern eigenthümlichen Sache, nämlich der Glaube an Zauberei, bei den Juden

1 Cic. Divin. I. 23. 41. De leg. II. 10.

2 Apuleius Apol. ant. med. p. 290. 20. Elm.

3 Plin. Hist. nat. XXX. 1.

4 Apuleius a. a. O. 23.

Digitized by Google

und den Christen fort, nahm aber bei den letztern vermuthlich wegen ihrer Unverträglichkeit mit den eigentlichen Grundsätzen der Religion einen ganz verschiedenen Charakter an. Alle heidnische Religionen nämlich (und von dieser entlehnten auch die Juden ihre *Dämonologie*) nehmen die Existenz von mehr oder minder mächtigen, guten und bösen Geistern an und setzen den Umgang der Menschen mit diesen im Allgemeinen voraus, so daſs also die näher mit ihnen verbundenen Priester nur dadurch in Gefahr kamen, wenn sie die Geister nicht zu zwingen vermochten, sich ihrem Willen zu fügen und die an sie gestellten Forderungen zu erfüllen. Die christliche Religion dagegen kann nach ihren Grundprincipien als strenger Monotheismus die Existenz von Geistern, welche die Herrschaft eines höchsten Gottes im Groſsen oder auch nur im Kleinen stören und beschränken, auf keine Weise gestatten und hätte daher in ihrer Reinheit jede Dämonologie zurückweisen müssen. Da sie aber wegen der Schwäche des ungebildeten menschlichen Verstandes sich dennoch einschlich, so führte sie die seltsame Hypothese herbei, daſs Geister, sowohl gute als böse, allgemein eines Einflusses auf die Menschen fähig seyen, zugleich aber mit der eigenthümlichen Modification, daſs die guten durch Gebete und heilige Formeln oder Zeichen herbeigezogen, die bösen eben hierdurch verscheucht würden, beide dagegen und insbesondere die letztern durch Zaubersprüche zu verschiedenen Dienstleistungen gezwungen werden könnten, eben hierdurch aber, gleichsam wie durch einen Contract auf gegenseitige Hülfe und Unterstützung, eine ihrer bewiesenen Folgsamkeit angemessene Herrschaft über die mit ihnen verbundenen Subjecte erlangten. Anstatt solche der Voraussetzung nach unglückliche und dem ewigen Verderben ausgesetzte Individuen aus ihrer Lage zu befreien und zu bessern, brachte es das Streben nach Hierarchie mit sich, daſs man sie vielmehr verfolgte, welches dann die unglaublich vielen Hexenprocesse veranlaſste und die Ordalien der Alten wieder in Aufnahme brachte. Dieses verabscheuungswürdige Vorurtheil, die Frucht des finstersten Aberglaubens, welches sogar fürstliche Personen, Geistliche und selbst die Päpste nicht verschonte, wuchs zunehmend und erreichte unmittelbar vor der Reformation seine gröſste Höhe, als Innocenz VIII. im Jahre 1484 die berühmte Bulle gegen

Digitized by Google

die Hexerei erlieſs, Maximilian I. im Jahre 1486 diese in seinen und des Reichs Schutz nahm und diesemnach überall Ketzergerichte einsetzte, so daſs allein im Trier'schen in wenigen Jahren 6500 Menschen, worunter auch Geistliche, Mönche und Nonnen waren, lebendig verbrannt wurden[1].

Um eben diese Zeit fing man an, die Natur und ihre Gesetze mehr zu beachten, wodurch manche, vorher als wunderbar betrachtete Erscheinungen aus Naturkräften erklärt, mitunter auch künstlich dargestellt wurden. Insofern die hierbei wirksamen Naturkräfte unbekannt waren, muſsten die erzeugten Wirkungen zauberisch erscheinen, und erhielten somit den Namen der Magie, jedoch der *natürlichen*, im Gegensatze der *übernatürlichen*, die sich der Mitwirkung höherer Geister bediente. Waren letztere gute, also mit Gott verbundene Geister, so hieſs die Kunst *Theurgie* oder *weiſse Magie* (*Magie blanche*), waren es dagegen böse Geister (Teufel), so nannte man sie die *schwarze Kunst*. Das Studium der Natur war mit Ausnahme einiger Astrologie in den frühesten Zeiten gar nicht vorhanden und würde unfehlbar den Verdacht der Zauberei herbeigeführt haben, wogegen sich auch die spätern Gelehrten vertheidigen muſsten, als vom 13ten Jahrhunderte an die Schriften des Aristoteles, aus dem Arabischen übersetzt und aus Handschriften von Constantinopel in Italien eingeführt, allgemeiner verbreitet wurden und die ersten Keime der Naturforschung hervortrieben. Weniger verdächtig wurde Michael Scotus und sein Landsmann Aelfred um die Mitte des 13ten Jahrhunderts[2], als der für seine Zeit übermäſsig gelehrte Albertus Magnus (starb 1280), welcher den Ruf der Zauberei weniger vermieden oder sogar fast gesucht zu haben scheint[3]. Nicht gleiches Aufsehn erregte Thomas Cantipratensis, dessen aus den alten Schriftstellern gesammelte Leh-

1 Ausführlich findet man die Geschichte der allmäligen Verbreitung des Glaubens an Magie und Zauberkunst in J. S. Halle Magie Th. I. Einleit.

2 Ersterer schrieb unter andern *de Secretis naturae*, letzterer Erläuterungen zu Aristoteles Pflanzenlehre und über die Bewegungen des Herzens. S. Wachler Lehrbuch d. Literärgesch. Leipz. 1830. S. 293.

3 Opera stud. et. lab. P. Jammy. Lyon 1651.

Digitized by Google

S 38.25.6(2)

VE RI TAS

HARVARD
COLLEGE
LIBRARY

Digitized by Google

Physikalisches Wörterbuch

VI. Band.

Zweite Abtheilung.

Ma.

Digitized by Google

4	9	2
3	5	7
8	1	6

10	15	6	3
8	1	12	13
11	14	7	2
5	4	9	16

16	14	8	2	25
3	22	20	11	9
15	6	4	23	17
24	18	12	10	1
7	5	21	19	13

Der Ueberblick dieser magischen Quadrate ergiebt, daſs sie zuvörderst die angegebenen Eigenschaften der gleichen Summen haben; auſserdem aber enthalten sie so viel Ziffern aus der Reihe der natürlichen Zahlen von 1 an gerechnet, als die Quadratzahl ihrer Seiten beträgt.

Die erste bekannte Erwähnung der magischen Quadrate findet sich bei Manuel Moschopulus aus etwa 1300 nach Chr. Geburt, ohne daſs ausgemacht ist, ob dieses von dem ältern oder jüngern Gelehrten dieses Namens herrührt[1]. Viel weiter ging der durch seine Gelehrsamkeit und vielfachen Schicksale berühmte Corn. Agrippa von Nettesheim (st. 1535), welcher vielfach in den Verdacht der Zauberei kam[2]. Dieser construirte die 7 magischen Quadrate vom dreiseitigen bis neunseitigen, was ohne Zweifel astrologische Beziehung hatte. Es soll nämlich von den Aegyptiern und Pythagoräern herrühren, die Bahnen der damals bekannten 7 Planeten durch die magischen Quadrate zu bezeichnen. Hiernach gehörte dasjenige, welches 3 zur Seite hatte (also neunzifferige), dem Saturn, das von 4 dem Jupiter, das von 5 dem Mars, von 6 der Sonne, von 7 der Venus, von 8 dem Mercur uud von 9 dem Monde, das von 2 der unvollkommenen Materie (weil darin zwar die verticalen und horizontalen Summen, nicht aber die diagonalen gleich sind), und Gott selbst endlich wurde durch das Quadrat von einer Seite, also mit der Ziffer 1 bezeichnet, welche auf jede Potenz erhoben keine Vermehrung erhält. Das jedesmalige Quadrat wurde zu gröſserer Wirksamkeit auf das Metall des Planeten gravirt und mit einem Polygon umgeben, welches in einen in so viele Theile getheilten Kreis, als die Zahl der Seite des magischen Quadrats betrug,

1 Die Handschrift des Moschopulus, welche diesen Gegenstand enthält, befindet sich nach Hutton Dict. II. p. 6. in der Pariser Bibliothek.

2 Dessen Bücher de occulta Philosophia. In Opp. Per Beringos Fr. ohne Jahrzahl.

beschrieben war; endlich wurden die Zeichen des Thierkreises in den Raum zwischen dem Polygon und dem Kreise getragen und die Figuren als Amulete getragen, um erforderlichen Falls den Schutz des Planeten zu erhalten. Von Agrippa lernte Bachet de Meziriac die Sache als geometrisches Problem kennen und lehrte eine allgemeine Methode, die magischen Quadrate der ungeraden Quadratzahlen, z. B. 25 und 49 u. s. w., zu construiren[1]. Viel weiter als Bachet und sein Nachfolger Arnaud[2] ging der berühmte Rechner Frénicle[3] und zeigte, daſs namentlich die 16 Ziffern im magischen Quadrate von der Seite = 4 nicht weniger als 878 Versetzungen zu magischen Quadraten verstatteten; auch lehrte er solche Anordnungen, welche allezeit magische Quadrate blieben, wenn man die äuſsern Reihen nach einander wegnahm, und welche Montucla[4] *magisch-magische Quadrate* nennt. Inzwischen giebt er keine allgemeine Methode ihrer Construction und scheint also viele nur durch empirisches Aufsuchen aufgefunden zu haben.

Poignard, Canonicus zu Brüssel, erweiterte die bis zu seiner Zeit bekannten Kenntnisse der magischen Quadrate durch zwei Abänderungen. Anstatt nämlich die einzelnen Fächer mit den natürlichen Zahlen nach ihrer Reihenfolge zu füllen, nahm er nur so viele Zahlen, als die eine Seite Abtheilungen hatte, und ordnete diese so, daſs keine dieser Zahlen weder in einer horizontalen noch in einer verticalen Reihe doppelt vorkam, wonach also stets die Summe dieser natürlichen Zahlen herauskommen muſste. Auſserdem bediente er sich zur Construction der magischen Quadrate nicht, wie bis dahin, ausschlieſslich der natürlichen Zahlenreihe, sondern auch der quadratischen und selbst der harmonischen. Sein im Jahre 1703 erschienenes Werk wurde dem La Hire bekannt, welcher die Aufgabe allgemeiner und wissenschaftlicher behan-

1 Problémes plaisans et délectables, qui se font par les nombres. Lyon 1613. 8.

2 Nouveaux Élémens de Géometrie. Par. 1667.

3 Anciens Mém. de l'Academie. T. II. Divers Ouvrages de Mathématique et de Physique. Par Mssrs. de l'Acad. Roy. des Sc. Par. 1693.

4 Hist. des Math. T. I. p. 348.

Digitized by Google

delte[1]. Eben dieses geschah nachher, jedoch in geringerem Umfange durch Sauveur[2], Ons-en-Bray[3] und Rallier des Ourmes[4].

Auch den deutschen Rechenmeistern waren die magischen Quadrate nicht fremd. Von ihnen handelt Michael Stifel[5], welcher den Gegenstand ohne Zweifel aus dem Agrippa v. Nettesheim kennen lernte, desgleichen Adam Riese v. Staffelstein[6] und G. v. Clausberg[7]. Von Corn. Capito erschien sogar eine eigene Schrift über die magischen Quadrate[8], welche jedoch wenig beachtet worden ist, und die neuern Arithmetiker haben die ganze Untersuchung, welche allerdings gar keinen oder nur geringen praktischen Nutzen verspricht, entweder übergangen oder nur kurz berührt, auſser Mollweide[9], welcher nicht bloſs die Geschichte der Bearbeitung dieses Problems, sondern auch eine Zusammenstellung der verschiedenen Arten magischer Quadrate mitgetheilt hat.

Kochanski[10] erweiterte die Aufgabe durch Hinzufügung einer eigenen Art magischer Quadrate, welche durch Subtraction stets die nämlichen Resultate geben; der bereits genannte Sauveur fügte das magische Kreuz, das magische Gitter und den magischen Würfel hinzu, noch weiter aber, als diese, ging der berühmte Franklin, welcher aus vier magischen Quadraten ein groſses magisches Quadrat bildete und dieses *magisches Quadrat der Quadrate* (*magic square of squares*) nannte, auſserdem aber einen *magischen Kreis von Kreisen* construirte[11]. Im erstern, welches aus vier zusam-

---

1 Mém. de l'Acad. 1705.

2 Eb. 1710.

3 Eb. 1750.

4 Mém. présentés cet. T. V. Par. 1763. p. 196.

5 Arithmetica integra. Lib. I. cap. 3.

6 Rechnung nach der lenge, auff den Linihen und Feder u. s. w. Leipz. (1550) S. 103.

7 Demonstrative Rechenkunst. Leipz. 1732. 4 Th. 8. §. 1505.

8 Anweisung alle magischen Quadrattafeln zu verfertigen u. s. w. Glückst. 1767. 8.

9 Math. Wörterbuch von Klügel, fortges. durch Mollweide. Th. IV. S. 13—46. Der. de quadratis magicis. Lips. 1806. 4.

10 Acta Erud. 1686. p. 393.

11 Franklin's Exp. and Obs. 1769. 4. p. 350. Dessen sämmtl. Werke. D. Ueb. Th. II. S. 307.

Digitized by Google

mengesetzten achtseitigen Quadraten (also mit 16 Abtheilungen der Seite des groſsen) bestand, entdeckte Is. Dalby einige unrichtige Zahlen, eine Beschreibung des letztern würde aber hier zu weit führen[1].

M.

Magnetismus.

Magnet; *Magnes*; Aimant; *Loadstone, Magnet.*

Ein Eisenerz, welches die Eigenschaft besitzt, Eisen anzuziehn. Den Namen *Magnet* (μαγνήτης) leitet man von der Stadt *Magnesia* in Lydien, unweit dem heutigen Smyrna, her, wo dieser Stein zuerst gefunden worden sey[2]. Bei Plato und Theophrast kommt er unter dem Namen des *Heraclischen Steins* vor, weil jene Stadt auch *Heraclea* geheiſsen habe; eine Benennung, die jedoch noch einem halben Dutzend anderer Städte gegeben wurde. Plinius[3] spricht ganz bestimmt von der Anziehung in die Ferne und vom Festhalten des Eisens am Magnetstein: „*Trahitur ferrum a Magnete, domitrixque illa rerum omnium materia ad inane nescio quid currit atque, ut propius venit, assistit teneturque et complexu haeret.*“ Noch vollständiger äuſsert sich Lucretius[4] über die Fortpflanzung der anziehenden Wirkung durchs Eisen, indem fünf und mehrere eiserne Ringe einander gleich einer Kette tragen, über abwechselndes Anziehn und Abstoſsen, über den Durchgang der magnetischen Kraft durch eherne Schalen, und er macht darauf aufmerksam, daſs dieser Stein weder andere Metalle noch Holz anziehe. Weiter jedoch ging die Kenntniſs der Alten nicht; sie unterschieden die Magnetsteine nach ihrem Fundort, ihrer Stärke und Farbe, und ge-

1 Zur Literatur dienen auſser den bereits genannten Werken von Montucla, Hutton und Mollweide noch Ferguson Tables and Tracts. 1771. 8. p. 318. und Hutton Recreations in Mathematics and natural philosophy. 1803. 4 T. 8.

2 Quem magneta vocant patrio de nomine Graii, sagt Lucretius de rerum nat. L. VI. v. 908.

3 Hist. Nat. L. XXXVI. c. 16.

4 Lucret. L. VI. v. 910 — 916. 1040 — 1060.

brauchten sie als Heilmittel für Brandwunden und Augenflüsse.

I. Natürliche Magnete.

Der *gemeine Magnetstein* ist ein dunkelgraues Eisenerz, das meistens im Urgebirge, im Gneis, Glimmer, im Chloritschiefer und im Urkalk, wohl auch im Serpentinstein und der Flötztrappformation, zuweilen in bedeutenden Massen vorkommt. Es findet sich in groſser Menge und Reinheit bei Rosslag in Schweden, wo es zu dem besten Eisen verarbeitet wird, ebenso in Corsica und auf Elba, in Norwegen, Sibirien, England, Sachsen, Böhmen und auf dem Harz[1]. Die orientalischen Magnetsteine, welche Robert Normann, der Erfinder des magnetischen Inklinatoriums, für die besten hielt und die aus China und Bengalen kommen, sind meist röthlich von Farbe. Der Berg Taberg in Schwedisch Lappland und der Pumachanche in Chili sollen fast ganz aus Magnetstein bestehn. Sein specifisches Gewicht fällt zwischen 4, 2 und 4, 9. Nach der Bemerkung des Obersten Gibbs ist in dem Eisenbergwerke zu Succasunny das Eisenerz in dem obern Theile magnetisch, an der Sohle aber ohne Magnetismus, und erhält denselben erst, wenn es eine Zeitlang dem Einflusse der Atmosphäre ausgesetzt war. Hiermit stimmt auch die Behauptung überein, daſs nach zahlreichen Versuchen dieses Gestein *am Orte seiner Lagerung nicht magnetisch ist,* sondern die einzelnen Stücke erst, wenn sie zu Tage gefördert sind, ihre

1 In frühern Zeiten mag man auf die natürlichen Magnete weniger aufmerksam gewesen seyn. Denn Gilbert de Magnete Cap. II., der in Herzählung ihrer Eigenschaften, ihrer Härte, Farbe, Schwere und der Fundörter unerschöpflich ist, bemerkt ausdrücklich, daſs man solche bei einiger Aufmerksamkeit überall finde, daſs z. B. in Deutschland früher keine vorgekommen, nun aber, da seit seiner Väter Gedenken die Metallurgie daselbst höher gestiegen sey, sich dort auch viele Magnetsteine gefunden haben. — Doch müssen die damals (bis zum J. 1600) bekannten Magnete sehr unkräftig gewesen seyn, indem Gilbert es der Anführung werth fand, daſs es unter den von fremdartigem Gestein befreiten Magneten solche gebe, die, obwohl nur ein Pfund schwer, doch 4 Unzen Eisen, ja sogar ein halbes oder ein ganzes Pfund aufzuheben vermöchten.

Digitized by Google

magnetische Kraft erhalten [1]. Die *Härte* der Magnete ist gerade so groſs, daſs sie mit dem Stahle Feuer geben, daher ihre Bearbeitung mühsam wird. Magnetsteine von feinem, dichtem Korn sollen stärker seyn und ihre Kraft länger behalten, als die grobkörnigen. Oft ist ein kleineres Stück aus einem gröſsern herausgeschnitten kräftiger als dieser, in welchem fremdartiges Gestein der Wirkung des eigentlichen Magnetstückes im Wege steht.

Der Magnetstein zieht auf seiner Oberfläche das Eisen nicht überall mit gleicher Stärke an, sondern, in Eisenfeilicht gelegt, sind es gemeiniglich zwei einander gegenüberstehende Stellen, an welchen sich die meiste Anhäufung zeigt. Diese nennt man seine *Pole*. Jedes Fragment eines solchen Steins erhält wieder seine zwei besondern Pole [2]. Die anziehende Kraft des Steins wird in hohem Grade verstärkt, wenn man ihn zu beiden Seiten mit eisernen Schienen oder Schalen bekleidet, welche in zwei dickere, einander nahe stehende Enden auslaufen, bestimmt, den ebenfalls eisernen Träger, den sogenannten *Anker*, aufzunehmen. Man nennt dieses seine *Bewaffnung*, *Armirung*.

Wolf [3] führt aus Mersenne und de Lanis Beispiele auf, daſs armirte Magnete 16 bis 40-, ja 320mal mehr Gewicht trugen, als sie ohne Armatur halten konnten. Du Fay [4] besaſs einen Magnet von 9 ℔ Gewicht, der nach der Armirung 76 ℔ trug. Dagegen zeigte schon Gilbert, daſs die *Wirkung in der Ferne* durch die Armirung *nichts gewinne.* Fig.
Anfänglich begnügte man sich, jedes der Polarenden der 101.

---

1 Von Leonhard Handb. d. Oryktognosie. 1825. S. 83. u. Muncke Handb. d. Naturlehre. 1829. S. 837.

2 Nach Musschenbroek giebt es Magnete mit 8, 9 bis 10 Polen; er selbst sah einen kubischen Magnetstein, an welchem jede Seite ihre Polarität hatte. Der durch seine künstlichen Magnete berühmte Engländer Dr. Gowin Knight besaſs die Kunst, auch die Pole der natürlichen Magnete umzuändern und zu vervielfältigen, überhaupt ihre Tragkraft zu erhöhn. Aepinus fand, daſs schwache natürliche Magnete stärker wurden, wenn sie etwa eine halbe Stunde in ein Glühfeuer gesetzt und, nachdem sie hierdurch allen Magnetismus verloren hatten, *aufs Neue magnetisirt* wurden.

3 Nützliche Versuche. Th. III. C. 4. §. 35.

4 Mém. de l'Acad. 1731. p. 426.

Digitized by Google

Magnete mit einer Art Schild oder Kappe von Eisen zu verſehn, welche durch eiserne Stangen oder Drähte gegen einander gezogen und so an den Stein angedrückt wurden. Später erhielten diese Schalen die jetzt noch gebräuchliche Form,
Fig. 102. und 103. wodurch die Pole des Magnets einander näher gebracht, und vermittelst eines eisernen Stabes in Verbindung gesetzt werden konnten, was begreiflicher Weise ihre Tragkraft bedeutend vermehrte. Diese ist übrigens sehr verschieden. In der Regel tragen kleinere Magnete verhältniſsmäſsig mehr als gröſsere. Solche, die nur 20 bis 30 Gran wiegen, ziehn zuweilen das 30-, 40- und 50fache ihres Gewichts, da hingegen Magnete von 2 Pfund nur selten ihr zehnfaches Gewicht zu tragen vermögen. Nach Dr. Martin's Zeugniſs[1] besaſs J. Newton einen Magnet, der in einen Ring gefaſst war und, obwohl er nur 3 Gran wog, dennoch das 250fache seines Gewichts, nämlich 746 Gran, zu tragen im Stande war. Ebenso behauptet Cavallo einen Magnet gesehn zu haben, welcher bei einem Gewichte von 6 bis 7 Granen beinahe 300 Gran trug[2]. Zu den gröſsten Magneten dieser Art gehört derjenige, welcher nach Parrot[3] in dem wohlbestellten physikalischen Cabinette der Universität Dorpat sich befindet. Er wiegt ohne Armatur 30 Pfd., mit der Armatur und einem kupfernen Gehäuse 40 Pfd. und trägt 87 Pfd. Noch gröſser ist derjenige, welchen Parrot selbst dem Teyler'schen Museum verschafft hat. Er wiegt mit Armatur und Gehäuse 307 Pfd. und der Anker desselben läſst sich mit 230 Pfd. noch nicht von seinen Füſsen abreiſsen. Dieser Magnet allein, bemerkt Parrot, würde Mahomet und seinen Sarg leicht zu tragen vermögen[4]. Nicht minder bedeutend ist auch der Magnet, welcher im Kabinet der Akademie der Wissenschaften zu Lisabon sich befand und den König Johann V. vom chinesischen Kaiser zum Geschenk erhalten hatte[5]. Der Stein war

1 Encyclop. brit. P. p. 47. der zweiten Ausgabe.

2 Cavallo theor. u. pract. Abh. d. Lehre vom Magnet. 1788. S. 32. der deutschen Uebers.

3 S. dessen Physik. Th. II. S. 602.

4 In eben diesem Cabinett findet sich noch ein natürlicher Magnet, der mit 30 Pfd. beladen ist, und die Gesellschaft von felix Meritis in Amsterdam besitzt einen ähnlichen, der immer 150 Pfd. trägt. S. V. Moll in Bibl. univ. Sept. 1830. p. 30.

5 Memorias das Sciencias da Lisboa. T. I. p. 88.

Digitized by Google

von unregelmäſsiger Gestalt und hielt 262 Kub. Zoll; er wog 38 Pfd. und $7\frac{1}{2}$ Unzen und sein specifisches Gewicht betrug 4,055. Seine Meridianlinie war 6 Zoll 10 Lin. und sein Aequator $8\frac{1}{2}$ Zoll lang. Unterhalb, wo seine Pole sich befanden, war er zur bessern Armirung etwas schmaler, so daſs sein Südpol um $4\frac{1}{2}$, der Nordpol um $2\frac{1}{2}$ Zoll vom Aequator abstand. Er trug anfänglich 176 Pfd., später, als seine Armatur, die er aus China mitgebracht hatte, vom Rost befreit wurde, konnte seine Tragkraft bis auf 202 Pfd. gesteigert werden.

Das Eigenthümliche der beiden *Pole*[1] des Magnets, die Gilbert nicht als Puncte, sondern als die Stellen bezeichnet, wo die zunehmende Kraft des Anziehns ihr Maximum erreicht, führte schon frühe eine Vergleichung des Magnets mit der Erdkugel selbst herbei, und die alte Idee von der besondern Vollkommenheit der Kugelgestalt vermochte die Physiker, den Magnetsteinen durch Schleifen (auf den Drehscheiben der Krystallschleifer, wie Gilbert anräth) die Rundung einer Kugel zu geben, die man *Microgea* oder *Terrelle* nannte und sogar mit Meridianen und Parallelkreisen versah. Man glaubte durch diese Nachbildung der Erdgestalt das Geheimniſs der magnetischen Richtungen besser erforschen und mancherlei Versuche richtiger und bequemer anstellen zu können, eine Annahme, die freilich der Erfolg nicht bestätigt hat, indem spätere Versuche über die beste Armirung der Magnete gezeigt haben, daſs für diesen Zweck und mithin auch für die Vermehrung der Tragkraft die parallelepipedische Form die tauglichste sey.

In die *Classe der natürlichen Magnete* gehören auch die verschiedenen Steinarten und Felsen, an welchen man eine mehr oder weniger starke Einwirkung auf die Magnetnadel

1 Wie man diese aus dem verticalen oder geneigten Stande einer äuſserst kleinen Nadel oder eines Stückchens Stahldraht finden könne, den man auf der Kugel herumführt, zeigt schon Gilbert a. a. O. Cap. III. Er räth ferner an, die Magnetkugel auf einem hölzernen Schiffchen schwimmen zu lassen, und bemerkt sehr scharfsinnig, daſs der nach Norden gerichtete Pol mit Unrecht als *Nordpol* des Magnets bezeichnet werde; eine Ansicht, die in neuern Zeiten auch von französischen Physikern hervorgerufen wurde, aber wegen ihres Widerspruchs mit der gebräuchlichen Benennung nicht in Gang gekommen ist (cap. IV.).

bemerkt hat. Ein auffallendes Beispiel hiervon lieferten einige Granitfelsen auf dem Harzgebirge, an denen schon früher der Berghauptmann von Trebra eine bestimmte Polarität bemerkt hatte und die von J. K. Wächter im J. 1800 näher untersucht wurden[1]. Zwei mächtige Granitblöcke, die beiden *Schnarcher* genannt, ziehn auf der Ostseite schon in 2 Fuſs Entfernung die Nadel der Boussole von ihrer Richtung ab. Aehnliche Wirkungen zeigte der sogenannte Ilsenstein bei Ilsenburg und die hohen Klippen in der Grafschaft Wernigerode. Bei allen diesen Felsen lag auf der östlichen Seite der Südpol, auf der westlichen der Nordpol, der unwirksamen Stellen waren jedoch ungleich mehrere, als der wirksamen, und Wächter ist geneigt, die Granitfelsen eisernen Stäben gleich zu setzen, weil beide magnetisch werden. Hausmann hielt dafür, daſs diesem Granit oder seinen Bestandtheilen Eisen *chemisch* beigemengt sey. Allein Dr. J. L. Jordan[2] in Clausthal leitet mit vieler Wahrscheinlichkeit jenen Magnetismus von *eingesprengtem gemeinen Magneteisenstein* her, der in sehr feinen Körnern dem dortigen Granit beigemengt ist. Daſs jene Anziehung nicht Folge einer chemischen Einwirkung sey, erwies Jordan dadurch, daſs er Granitstücke, die keine Wirkung auf den Magnet äuſserten, pulverisirt und mit Kohlenpulver gemengt einem heftigen Feuer aussetzte, wodurch das dem röthlichen Feldspath jener Felsart beigemischte Eisenoxyd reducirt wurde, so daſs nun solche gebrannte Granitstücke den Magnet reizten. Granite mit graulich- und bläulich-weiſsem Feldspath gemengt blieben, auf die gleiche Art behandelt, nach wie vor unempfindlich. Dr. Jordan's Schlüsse werden noch durch die von Wächter angegebenen Thatsachen selbst unterstützt. Denn die Linie, welche beide Pole verbindet, hat ein sehr *ungleiches Streichen*, was offenbar nicht auf eine homogene magnetische Kraft der Steinmasse, sondern auf locale Anziehung der zerstreuten Magnetkörner hindeutet, und diese kann durch das Gestein nur als *actio in distans* wirken, da, wie Wächter selbst bemerkt, auch an den stärksten Stellen *kein Eisenfeilicht haftete*[3].

1 G. V. 376.
2 G. XXVI. 256.
3 G. V. 331.

Digitized by Google

Ob der durch A. v. Humboldt zuerſt entdeckte Magnetismus mehrerer Serpentin-Felſen im Baireuthiſchen auch von eingeſprengten Magnetkörnern herrühre, läſst ſich vor der Hand noch nicht entſcheiden. Hardt will allerdings durch das Vergröſserungsglas auf dem friſchen Bruche des Serpentins am *Haideberg* bei Zelle eine allenthalben zerſtreute Menge äuſserſt feiner metalliſch glänzender Puncte wahrgenommen haben, die er geneigt iſt für Magneteiſenſtein zu halten [1]. Da wo der Serpentin in Chloritſchiefer überging, fand ſich wirklich oktaedriſch kryſtalliſirter Magneteiſenſtein. Eine Gebirgsart, die am Frankenſteiner Schloſse unweit Darmſtadt ſic hfindet und die Zimmermann [2] für olivengrünen Serpentin mit Hornblende gemiſcht erklärt, zeigte ſo ſtarken Magnetismus, daſs ein Stück von nur ¼ ℔ Gewicht ſchon auf 6 Fuſs Diſtanz die Nadel polariſch afficirte. Als Bouguer auf ſeiner Reiſe in Südamerica ſeine Route nach dem Compaſs aufnahm, fand er denſelben auf dem Wege zwiſchen La Plata und Honda (2 bis 5 Grad nördl. Breite, 3 bis 4 Gr. öſtl. Länge von Quito) bedeutenden Störungen ausgeſetzt. Man durfte nur 5 bis 6 Schritte weit gehn, um die Nadel um mehr als 30 Grade ſich verändern zu ſehn. Es war dieſes die Wirkung einzeln umherliegender Felsblöcke, die, vermuthlich von nahen Vulcanen ausgeworfen, alle Spuren einer ſtarken Erhitzung an ſich trugen; ſie waren äuſserlich ſchwarz, voll Riſse und Spalten, wie geborſtener Thon, inwendig weiſs und von feinem Korn. Einige waren von bedeutender Gröſse (10 und 20 Fuſs in Kanten) und mit 2½ Zoll tief eingegrabenen hieroglyphiſchen Figuren bedeckt, daher die Einwohner ſie *pedras pintadas* (bezeichnete Felſen) nannten [3]. Nicht allzufern von dieſer Gegend des neuen Continents fand auch A. v. Humboldt [4] einen *rothen Thonporphyr*, nördlich am Vulcane von *Paſto*, der magnetiſche Eigenſchaften beſaſs. Da er nur Polarität zeigte, aber keinerlei Anziehung auf Eiſen äuſserte, ſo iſt ſein Magnetismus ebenfalls wohl nur auf Rechnung eingeſprengter äuſserſt feiner Eiſentheile, keineswegs aber auf eine

1 G. XLIV. 89.
2 G. XXVIII. 483.
3 Bouguer fig. d. l. terre. Voy. au Pérou. p. LXXXIII.
4 G. XVI. 461.

Digitized by Google

besondere Eigenthümlichkeit der Gebirgsart zu setzen. Daſs auch *Basaltfelsen* magnetische Polarität zeigen, ist durch die Beobachtungen des Bergmeisters Schulze in Düren, so wie des Bergraths Reuss in Berlin auſser Zweifel gesetzt. Der erstere fand im Eifelgebirge oben auf der Nürburg (einem basaltischen Konus von 2000 F. Höhe über dem Rhein) zwei kleine Felsen, etwa 3 F. weit aus einander, von 6 F. Höhe, die er von ferne für Ruinen gehalten hatte. Der eine war 6 Fuſs lang und 3 F. breit, der andere etwas kürzer, aber breiter. Beide waren geschichtet, auf 12 Stunden eingesenkt, parallel der basaltischen Lagerung, auf welcher sie ruhten. Sie setzten die Nadel in heftige Bewegung; ihre eine Hälfte zog den Nordpol, die andere den Südpol an. Eben dieses entdeckte Reuss an einem schwärzlichen, sehr dunkelgrauen Basaltfelsen in der Herrschaft Schröckenstein im Mittelgebirge, der 1800 Fuſs nach allen Seiten abschüssig und oben mit Holz bewachsen war. An der Ostseite seines Fuſses war die Ablenkung 40°, oben 90°. Die Polarität zeigte sich auch an abgeschlagenen Stücken nach Verhältniſs ihrer Gröſse. Eigentlicher Eisenstein war hier nicht vorhanden[1].

Aehnliche Wirkungen wurden schon früh an dem Basaltfels wahrgenommen, auf welchem das *Dumbarton Castle* in Schottland erbaut ist[2]. Seine Polarität ist durch die Beobachtungen von Anderson in Glasgow auſser Zweifel gesetzt und soll sogar jenseit des Clydeflusses noch spürbar seyn. Einen ebenso entschiedenen Magnetismus hat auch Galbraith[3] auf der Höhe von *Arthurs Thron* im schottischen Hochlande beobachtet.

Die Einwirkung der *Küsten* auf die Magnetnadel erfuhr schon Cook auf seiner dritten Reise im J. 1778 zwischen den Südseeinseln und im Nutkasund; ebenso La Peyrouse in der Nähe von Teneriffa[4]. Auch der auf jede eigenthümliche Erscheinung so aufmerksame de Saussure[5] bemerkte auf seiner zweiten Reise auf den Cramont im J. 1778, daſs die westlich

1 Schweigger's Jahrb. d. Phys. f. 1830.
2 Buchanan Hist. Scotiae L. XX. Sect. 28.
3 Edinb. New philos. Journ. 1831. p. 237.
4 G. XXXV. 237. XXXII. 81.
5 Voy. dans les Alpes. T. II. p. 291.

Digitized by Google

davon liegenden Mont-Suc und Mont-Broglia die Boussole um 2 bis 3 Grade ablenkten, obgleich sie wohl eine Stunde weit entfernt waren, und HANSTEEN[1] bestätigt aus eigenen Erfahrungen in den felsigen Gebirgen Norwegens den störenden Einfluſs gröſserer Bergrücken auf die Richtung der magnetischen Kraft. Eben dahin gehört wohl auch die Störung der Compasse, die PARRY auf seiner ersten Reise in der Baffinsbay unweit Iglulik in 69° 34′ nördl. Breite und 81° 18′ westl. Länge erfuhr. Am 1. Aug. 1822 während des Segelns setzten zwei gute Compasse plötzlich von Ost- nach Südwest um, 6 bis 8 Meilen (italienische, 60 auf den Grad) vom nächsten Lande, kamen aber, nachdem man etwa $\frac{1}{4}$ Meile neben dem Eise gesegelt war, wieder auf die gehörige Richtung zurück. Das Nämliche widerfuhr ihm den 26. August Nachts, wo die Nadel plötzlich um 7 Striche (80 Grade) umsprang, aber nach einer halben Meile sich wieder in Ordnung befand[2].

So ungewiſs es ist, ob die angeführten Felsarten wirklich einen eigenthümlichen Magnetismus besitzen, oder ob er nur das Resultat beigemengter feiner Eisentheile sey, so scheinen doch einige *Metalle* wirklich eine eigenthümliche Fähigkeit, magnetisch zu werden, zu besitzen. Hierfür spricht die Autorität ausgezeichneter Chemiker, wie BERGMANN[3] und KLAPROTH[4], nach welchen ganz eisenfreier *Nickel* nicht nur vom Magnet angezogen wird, sondern auch ohne Hülfe des letztern von selbst magnetisch werden kann. Ebenso bestimmte Zeugnisse bestätigen dieses vom regulinischen *Kobalt*[5] aus welchem sogar wie auch aus dem Nikel *Nadeln* gemacht worden sind[6]. Noch andere Metalle sollen nach den

---

1 G. LXXV. 189.

2 S. Capt. PARRY Voyage cet. 4. p. 297.

3 Opusc. phys. et chem. Vol. II. p. 240.

4 Beiträge z. chemischen Kenntniſs der Mineralkörper. Bd. II. S. 142.

5 Von KOHL, ABICH, und TASSAERT. S. Crell's neueste Entdeck. Th. VII. S. 39. und Ann. de Chim. XXVIII. p. 99.

6 Nämlich von WENZEL. S. J. Mayer's Sammlung phys. Aufs. III. S. 388. Zufolge einer Nachricht des Prof. GÖBEL in Dorpat zeigte auch ein Stück *Platinerz* von der Gröſse einer Wallnuſs zwei magnetische Pole. Der Magnetismus desselben war so stark, daſs eine Näh-

Digitized by Google

Aeuſserungen glaubwürdiger Physiker Magnetismus verrathen, und einer der fleiſsigsten Erforscher dieses so dunkeln Gegenstandes, Brugmanns in Gröningen, hat in einem besondern Werke[1] eine Menge Substanzen namhaft gemacht, die entweder überhaupt, oder doch unter gewissen Umständen Magnetismus verrathen. Seine zahlreichen Versuche zeigen, daſs alle Stoffe, denen nur etwas Eisen beigemischt ist, vom Magnete gezogen werden. So die gewöhnliche Damm- oder Gartenerde, die Thonerde *vor* dem Brennen, alle gefärbte Erd- und Thonarten, als *Ocker*, *Umbra*, rother und selbst weiſser *Bolus*, so wie die weiſse Thonerde, aus welcher man die Tabackspfeifen verfertigt; doch bemerkt er, daſs solche Substanzen, je mehr ihre Farbe dem Weiſsen sich nähert, desto weniger angezogen werden. Daher sind weiſse Kreide, reiner Quarzsand, ungefärbte durchsichtige Krystalle nicht im Mindesten magnetisch.

Von Edelsteinen sind die durchsichtigen, wie Krystalle und der Diamant, ganz unmagnetisch, ebenso auch diejenigen gefärbten Arten, welche ihre Farbe im Feuer verlieren; nicht minder die meisten Achate. Stärkere Wirkungen zeigt der feuerrothe *Rubin*, der *Hyacinth*, Chrysolith, und besonders der starkgefärbte und polirte Smaragd, stärker noch der Granat, der selbst zum Magnete wird.

Die Pflanzen zeigen in ihrem natürlichen Zustande nur schwachen Magnetismus; die dichten Holzarten, als Rosenholz, Mahagoni, Ebenholz, Eichenholz, werden nur von kräftigen Magneten angezogen; dagegen sind die Rinden, als Kork, besonders die Chinarinde, die Schalen einiger Früchte, ebenso Torf, stärker magnetisch. Noch sichtbarer wird der Magnetismus der Pflanzen und Erden nach dem Verbrennen derselben, indem durch das Feuer die beigemischten Eisentheile reducirt

---

nadel von mittlerer Gröſse davon angezogen und eine Magnetnadel aus einer *gewissen* (?) Entfernung in Schwingung versetzt wurde. In der Sammlung des kais. Bergcadettencorps in St. Petersburg, wo sich solche Platinmassen bis zur Gröſse eines Hühnereies vorfinden, soll man an mehrern (nicht an allen) Stücken diese Eigenschaft bemerkt haben. Jahrb. d. Chem. und Ph. v. Schweigger-Seidel. 1830. XII. S. 415.

1 Ant. Brugmann's Beob. über d. Verwandtschaften des Magnets. Aus d. Lat. übers. v. C. G. Eschenbach.

Digitized by Google

werden. Daher wird alle Pflanzenasche angezogen; weiſses Papier, das sonst unmagnetisch ist, Wolle, Seide, folgen dem Magnete, sobald sie in Asche verwandelt sind. Die rothen Ziegelsteine sind ungleich magnetischer, als der Thon, aus dem sie bereitet werden. Eben diese Wirkung des Verbrennens findet auch bei thierischen Substanzen ihre Anwendung, welche ohne dieselbe eine nur schwache Anziehung wahrnehmen lassen.

Brugmanns, dem wir diese Angaben verdanken, hatte sich dazu einer sehr einfachen Methode bedient, indem er nämlich die zu prüfenden Stoffe auf reinem Quecksilber oder in einem Schiffchen auf Wasser schwimmen lieſs und demselben einen mehr oder weniger starken Magnetstab entgegen hielt. Später stellte Coulomb[1] ähnliche Untersuchungen an, indem er die magnetische Anziehung theils durch die Dauer der Schwingungen einer an einem Seidenfaden aufgehängten Magnetnadel, theils vermittelst seiner Drehwaage schätzte. Auch ihm stellte sich eine Menge Substanzen als magnetisch dar[2], so daſs eben diese Allgemeinheit der Wirkung ihn dahin leitete, sie als die Folge weniger beigemischter Eisentheile anzusehn, indem nach einem eigens veranstalteten Versuche die Methode der Schwingungen fähig war, in einer künstlich gemachten Legirung von Silber und Eisen $\frac{1}{133800}$ des letztern Metalls anzugeben[3]. Noch weiter ging Hansteen, indem er durch eben diese Methode darthat, daſs beinahe alle Körper, zumal wenn sie nach senkrechter Richtung ausgedehnt sind, eine vom Erdmagnetismus herrührende Polarität besitzen[4]. Demnach hat Biot gezeigt, daſs eine Nadel von Nickel, welches Thénard aufs Möglichste gereinigt hatte, mit einer ebenso groſsen Stahlnadel verglichen, nachdem beide mit dem nämlichen Magnete bestrichen waren, eine magnetische Kraft äuſserte, die $\frac{1}{3}$ von derjenigen der stählernen war[5]. Wie hätten, wenn Eisentheile die Quelle dieser Wirkung gewesen

---

1 Mém. de l'Institut. 1812. G. LXIV. 395.

2 Ein Verzeichniſs dieser Stoffe, das wir als überflüssig unterdrücken, giebt von Arnim in G. V. 483. u. Biot, Traité de Phys. expér. et mathem. T. III. p. 120.

3 Biot Traité de Phys. T. III. p. 117. G. LXIII. 104.

4 G. LXVIII. 272.

5 Haüy Traité de Phys. T. II. p. 126.

Digitized by Google

wären, dieſe der Prüfung des Beobachters entgehn können? Im Grunde iſt die Frage, ob es auſser dem Eiſen noch ein oder mehrere Stoffe gebe, welche fähig ſeyen, den Magnetismus ſich anzueignen, ziemlich überflüſsig. Hätten wir auch nur die entfernteſte Ahnung von den Urſachen, welche dieſe Fähigkeit im *Eiſen* begründen, ſo müſste es allerdings wichtig ſeyn, zu erfahren, ob in den andern Stoffen ähnliche oder verſchiedene Urſachen das Gleiche hervorbringen; ſo aber verſchwindet für uns ob dem Wunder der erſten Erſcheinung jegliche Seltſamkeit der zweiten.

Es dürfte hier der Ort ſeyn, noch den Magnetismus zu erwähnen, den das gewöhnliche Meſsing zuweilen annimmt, um ſo mehr, da ſowohl früher ſchon Cavallo[1] die Sache als etwas Seltſames und Unerklärliches darſtellte, als auch in neuerer Zeit Muncke[2] auf einige Erſcheinungen aufmerkſam gemacht hat, welche ihm Meſsingdraht zwiſchen Magnetſtäben zeigte. Cavallo ſtellte neun beſtimmte Verſuche an, aus denen er ſchloſs, daſs Meſsing durch Hämmern magnetiſch werde. 1) Wurde das Metall bis zum Rothglühn erhitzt, ſo verſchwand der Magnetismus gänzlich; allein ſchon 2 bis 3 Schläge waren hinreichend, ihn in fühlbarem Maſse wieder aufzuwecken. 2) Um die Berührung mit Eiſen (zwiſchen Hammer und Amboſs) zu vermeiden, bekleidete Cavallo den Meſsingſtreif mit Papier, das er des Zerreiſsens wegen oft erneuerte; allein mit dem nämlichen Erfolge. 3) Selbſt als er zum Schlagen zwei groſse Stücke Feuerſteine anwandte, trat eben dieſe Wirkung ein, wobei die Steine ſelbſt vor- und nachher keine Spur von Magnetismus zeigten. 4) Um zu wiſsen, ob die antimagnetiſche Wirkung des Feuers irgend einer Calcinirung beigemiſchter Eiſentheile zuzuſchreiben ſey, wurde ein Stück Meſsing, das durch Hämmern ſo ſtark magnetiſirt geworden war, daſs es jeden Pol einer Compaſsnadel auf $\frac{1}{4}$ Zoll Diſtanz anzog, in einem Tiegel mit Kohlenſtaub umgeben, etwa 10 Minuten lang einer Cementirhitze ausgeſetzt, wodurch jede Verkalkung verhindert werden muſste;

1 In den Philos. Trans. LXXVI. und im vollſtändigen Auszuge in Barlow's trefflicher Abhandlung on Magnetism in d. Londner Encyclopaedia Metropolitana p. 761.

2 Poggend. Ann. VI. 361.

Digitized by Google

allein nach dem Erkalten erschien das Metall wieder ganz unmagnetisch. 5) Ein solches ausgeglühtes Messingstück wurde zwischen zwei nicht gar dünnen Kupferplatten gehämmert und zeigte nach wenigen Schlägen sichtbaren Magnetismus. Man versuchte englisches und ausländisches, altes und neues Messing; einige Stücke wurden durch Hämmern magnetisch, andere gar nicht, ohne daſs das äuſsere Ansehn irgend ein unterscheidendes Merkmal darbot. 6) Von solchem unmagnetischen Messing wurde ein Stück auf einem Amboſs, der mit *Crocus Martis* bestreut war, lange und kräftig abgehämmert, so daſs, selbst nachdem es mit einem wollenen Lappen stark abgerieben worden war, das Metall an vielen Stellen röthlich blieb. Allein so wenig der rothe Eisenkalk vorher eine Spur von Magnetismus verrathen hatte, ebenso wenig hatte auch das Messing nur das Geringste von dieser Kraft angenommen. 7) Eben dieser Eisenkalk blieb auch unmagnetisch, als man einen kleinen Theil desselben in eine im Messing eingebohrte Höhlung verschlossen und die Stelle gehämmert hatte. Dagegen zeigte 8) diese Stelle sich wirklich magnetisch, als man das Messingstück ausgeglüht hatte, indem die Glühhitze einen Theil des Kalks reducirt haben mochte. CAVALLO schlieſst hieraus, daſs, wäre Eisen in seinem Messing vorhanden gewesen, so hätte dieses nach dem Glühn noch mehr Magnetismus als vorher zeigen müssen, was der Beobachtung entgegen ist. Endlich wurde 9) etwas schwarzes Eisenoxyd, das vom Magnete angezogen wurde, in eine ähnliche Höhlung gesperrt. Wie früher vermochte nur die Stelle des Messings, wo der Kalk verborgen lag, einige Anziehung auf die freihängende Nadel zu äuſsern, und als das Stück sechs Minuten lang einer Hitze ausgesetzt wurde, die dem Schmelzgrade nahe war und die nothwendig eine vollständige Oxydation hervorbringen muſste (?), so war dessenungeachtet nachher die schwache Anziehung nicht im Geringsten verändert. CAVALLO endigt mit dem Schlusse, *daſs jenes Messing kein Eisen enthalten habe und daſs die Eigenschaft, magnetisch zu werden, vom Eisen unabhängig sey.* Noch fügt er die Bemerkung hinzu, daſs Messing, welches durch Hämmern magnetisch wird, diese Fähigkeit auf eine bleibende Art verliere, wenn es durch ein langes oder heftiges Feuer dem Schmelzen nahe gebracht und in seiner Textur verdorben (verbrannt)

Digitized by Google

worden ist; nach Cavallo ein neuer Beweis, daſs jene Fähigkeit nicht von beigemischtem Eisen, sondern von der Textur des Metalls abhänge.

Wir sind in der Aufzählung dieser Versuche desto genauer gewesen, um durch eine endliche Beleuchtung derselben ihrer fernern Anführung in wissenschaftlichen Werken und zugleich dem Glauben ein Ende zu machen, als ob reines Messing je magnetisch werden könne. Schon der Umstand, daſs es Messing giebt, welches diese Eigenschaft auf keine Weise annimmt, sollte den Beweis liefern, daſs dieselbe nicht zum Wesen dieser Substanz gehöre, und die chemische Analyse würde den englischen Physiker bald belehrt haben, daſs jenes Messing wirklich feine Eisen- oder vielmehr *Stahltheile* enthalten habe. Das Letztere ist namentlich der Fall bei dem Producte aller Messingfabriken, die, entfernt von den Fundorten des Kupfers und Galmeis, den Abgang aus den Werkstätten der Mechaniker und der Nadel- und Uhrfabriken in ihre Schmelzungen aufnehmen. Wer je Messingfeilicht mit dem Magnete untersucht hat, wird sich überzeugt haben, wie man ohne Aufhören die fein zertheilten Partikeln, welche die Feile verlor, herausziehn könne. Durch die Schmelzung werden diese Stahltheile erweicht und unfähig, einen permanenten Magnetismus anzunehmen; erst die Pressung, welche sie durch das *Hämmern* erleiden, mag ihnen diese Eigenschaft verleihn. Das *Ausglühn* hingegen benimmt ihnen diese Härtung aufs Neue, und eben damit ihren Magnetismus, wie dieses Cavallo's Versuche evident beweisen, und der Versuch 4) zeigt offenbar, daſs er irrig einer Oxydation durchs Feuer dasjenige zuschrieb, was bloſs der Erweichung der Stahltheile angehörte. Im Gegentheil erhellt aus Versuch 8), daſs die Glühhitze auf das im Messing eingeschlossene Eisen eher reducirend als *oxydirend* wirke; erst bei dem eigentlichen Verbrennen des Messings tritt eine wirkliche Oxydation ein, die denn auch die Eisentheile ergreift und sie unfähig macht, selbst nach dem Hämmern magnetisch zu werden.

Schon Bennet[1] hatte, als er die ungemeine Drehbarkeit

1 Philos. Trans. f. 1792. u. übers. in Gren's Journ. d. Phys. VII. p. 372.

Digitized by Google

der Spinnefäden zur Aufhängung kleiner Magnetnadeln benutzte, das Unrichtige von CAVALLO's Schlüssen dargethan. Er zeigte erst, daſs weiches Eisen durch Hämmern eine bestimmte Polarität erlange, die von der Richtung des Stückes während der Schläge abhängig sey, sodann bereitete er aus Kupfer und reinem Zink ein Stück Messing, das durchaus keinen Magnetismus verrieth, welcher jedoch sogleich eintrat, als man der Schmelzung kleine Eisentheile beifügte. Daſs so evidenter Widerlegungen ungeachtet doch in neuern Zeiten der Magnetismus des Messings wieder hervorgerufen wurde, darf um so weniger befremden, da die gründliche und erschöpfende Arbeit LEHMANNS[1], die er schon 25 Jahre vor CAVALLO über diesen Gegenstand geliefert hatte, ganz unbeachtet geblieben war. Aus mehr als 30 Schmelzungen von Galmei und Kupfer ging deutlich hervor, daſs je nach der Reinheit und dem Fundorte des gebrauchten Galmeis die Mischung magnetisch wurde oder indifferent ausfiel. Achtundzwanzig Schmelzungen aus reinem Kupferfeilicht und Eisenfeilicht zeigten je nach dem Verhältnisse der Mischung ungleiche Spuren von Magnetismus, und diese verschwanden sogar, als mit 1 Unze Kupfer 15 Gran Eisen verbunden wurden.

Auf der nämlichen Ursache der mechanischen Beimischung von Eisen beruhn auch die Erscheinungen, welche MUSCKE an einer Sorte röthlichen Messingdrahts wahrgenommen hat, nur mit dem Unterschiede, daſs diese durch eine andere Eigenthümlichkeit merkwürdig geworden sind. Dieser Draht zeigte für sich keine Polarität oder Anziehung; wurde er aber an einem Seidenfaden aufgehängt und in den Wirkungskreis zweier starken Magnetstäbe gebracht, so nahm er eine bestimmte Richtung zwischen denselben an. Waren z. B. die freundschaftlichen Pole der Magnetstäbe A und B einander nahe, Fig.
so stellte der Pol b der Nadel sich genau zwischen dieselben; 104.
standen hingegen ihre feindlichen Pole n und n über einander, Fig.
so wich die Nadel von der Richtung der Stäbe um einen 105.
Winkel von 15 bis 30 Grad nach Westen ab[2]. Die Entfernung

1 De cupro et orichalco magnetico. Novi Comm. Petrop. XII. p. 368.

2 Nach SEEBECK ist die Abweichung um so gröſser, je näher

der Nadel ab vom untern Stabe A betrug ½ bis 2 Zoll. Drähte von reinem Silber, Kupfer und Zink, auch Drähte von einer andern gelblichern Messingsorte bewiesen sich ganz indifferent. Schon Muncke hatte durch eine vorläufige chemische Analyse von Gmelin in Heidelberg sich überzeugt, daſs Eisen hier das Hauptagens war, indem sein Messingdraht eine merkbare Menge desselben enthalten hatte. Allein noch evidenter ging dieses aus den Versuchen hervor, welche Seebeck zur Erläuterung dieses Gegenstandes anstellte. Ein Alliage von Messing und Eisen, das nur 5 Procent des letztern enthielt, zeigte mehr Magnetismus, als jene Messingdrähte von Muncke, etwas schwächer wirkte Kupfer mit 3 Procent Eisen; ebenso verhielten sich Alliagen von Zinn und Eisen, Zink und Eisen. Stäbe von reinem Zinn und von reinem Zink blieben unempfindlich, ebenso regulinisches Antimon, wie es im Handel vorkommt; selbst eine Nadel, welche aus 4 Theilen Antimon und 1 Theil Eisen bestand, stellte sicht *nicht* zwischen den Magnetstäben. Dagegen verhielten sich die Legirungen von Zinn oder Zink oder Antimon mit Nickel vollkommen, wie die obigen eisenhaltigen Metalle; nicht so ein Alliage aus 2 Theilen Kupfer mit 1 Theil Nickel. Drähte vom Capellensilber, welche 1 Procent Kupfer, Eisen, Blei und Zinn, doch des Kupfers am meisten enthielten, nahmen dieselbe schräge Stellung gegen die Magnetstäbe an, wie die eisenhaltigen Messingdrähte. Aus Hornsilber reducirtes reines Silber war völlig indifferent. Nicht nur die Eisen und Nickel enthaltenden Legirungen, sondern auch reines Eisen nimmt die von Muncke entdeckte schräge Stellung über den Magnetstäben an, wenn es in zertheiltem Zustande sich befindet. Eisenfeilspäne mit Wachs verbunden, oder auch nur in einer Glasröhre eingeschlossen, stellten sich zwischen den ungleichnamigen Polen der Magnetstäbe genau in die Axe derselben, zwischen den gleichnamigen hingegen kamen sie nur unter einem gewissen Abweichungswinkel zur Ruhe; eben diese Stellung erhielten sie auch, wenn sie ganz oder theilweise über einem einzigen Magnetstabe schwebten. Gleiche Richtungen nahmen auch Papiere oder Glasstreifen an, auf welchen sich *kurze Stücke* Eisendraht quer übergelegt be-

---

sich die Stäbe und je breiter und kräftiger sie sind. Pogg. Ann. X. 203.

fanden, Ringe von Eisen und um runde Holzstäbe spiralförmig gewundener Eisendraht, runde neben einander geschichtete Scheiben von verzinntem Eisenblech, wenn sie durch Papierscheiben getrennt sind.

Ganz anders verhalten sich volle, gerade Stäbe aus Eisen oder Nickel. Ueber einem einfachen Stabe stellen sie sich jederzeit in die Axe desselben. Zwischen den ungleichnamigen Polen zweier Stäbe werden sie entweder indifferent, oder folgen der Richtung des stärkern; niemals nehmen sie zwischen gleichnamigen Polen jene Ausweichung an, die diesen zerstreuten Magnetismus charakterisirt und eigentlich eine Folge des unten näher zu bestimmenden *Transversal-Magnetismus* ist.

II. Künstliche Magnete.

Unter dieser Benennung wird ein stählerner Stab im Zustande einer gröſsern oder geringern Härtung verstanden, der durch Berühren oder Bestreichen mit einem andern natürlichen oder ebenfalls künstlichen Magnete oder auch durch andere später zu beschreibende Manipulationen die dauerhafte Fähigkeit erhalten hat, das Eisen anzuziehn, überhaupt alle diejenigen Wirkungen zu leisten, welche dem natürlichen Magnete zukommen. Schon die ersten Versuche muſsten darauf leiten, daſs das Eisen, welches man mit einem Magnete in Berührung brachte, nicht nur von diesem angezogen wurde, sondern auch selbst in mehr oder minderem Maſse die Eigenschaft erhielt, anderes Eisen anzuziehn. Man bemerkte die ungleiche Empfänglichkeit des Eisens für den Magnetismus je nach dem Grade seiner Reinheit und fand, daſs das reinste, dehnbarste, weichste Eisen am meisten, hartes, poröses, schlackiges Eisen weniger angezogen wurde. Weniger wurde der Unterschied herausgehoben, den der *Stahl* in dieser Hinsicht darbietet, doch erwähnt schon Gilbert, zu dessen Zeit die Stahlbereitung noch das eigenthümliche Geheimniſs einzelner Fabriken war [1], daſs dieses reinere und bedeutend kostbarere Eisen seiner Reinheit wegen mit dem

1 Man glaubte damals unter anderm, daſs das Wasser, in welches der Stahl öfters eingetaucht wurde, an einigen Orten eine be-

Magnete besser übereinstimme, seine Kraft schneller in sich aufnehne und länger frisch erhalte, überhaupt zu allen magnetischen Versuchen äuſserst bequem sey. Diese Verwechslung von Eisen und Stahl hat sich auch in spätern und selbst bis in die neuern Zeiten fortgesetzt, bis die genauern Untersuchungen über den Magnetismus der Erde diesen Unterschied bemerkbarer machten, indem sie zeigten, daſs das reine Eisen den Magnetismus nur fortleite, ohne ihn sich anzueignen, und daſs nur der *gehärtete Stahl* ein wahrer Träger des Magnetismus werden könne.

Die Erfindung der *künstlichen Magnete* als Stellvertreter der natürlichen (das Magnetisiren von Nadeln zum Gebrauche als Boussolen war schon früher bekannt) wird wohl nicht unrichtig dem Engländer Servington Savery zugeschrieben, der im J. 1730 seine Methode vollständig bekannt machte[1]. Doch soll schon Galilaei in seiner Jugend nach dem Zeugnisse seines Schülers Castelli sich mit der Verfertigung künstlicher Magnete beschäftigt und einen Magnet zu Stande gebracht haben, der nur 6 Unzen wog und 15 ℔ trug[2].

Merkwürdig ist dabei, daſs auch die ersten künstlichen Magnete ganz durch das nämliche Mittel zu Stande gebracht wurden, das hundert Jahre später von Scoresby[3] mit ebenso gutem Erfolg benutzt wurde: nämlich durch den *Magnetismus der Erde*. Schon Grimaldi hatte in der Mitte des 16ten Jahrhunderts diese Wirksamkeit desselben erkannt[4] und die magnetische Kraft eiserner Kreuze auf verschiedenen Kirchthürmen war keineswegs verborgen geblieben[5]. Als um das

---

sondere Kraft besitze. Berühmt waren in dieser Hinsicht Como in Italien, Taraçon in Spanien.

1 Philos. Trans. Nr. 414. und Abridgment. Vol. VI. p. 260.

2 Von Moll. Bibl. Univ. 1830.

3 On the Northern Whalefishery. Uebers. von Kries. S. 75.

4 In s. Optik. prop. 51.

5 Gassendi nahm dieses 1630 am Kreuze des Kirchthurms zu Aix in der Provence wahr. Nach Gilbert soll die erste Entdeckung auf d. Thurme der Augustinerkirche in Mantua gemacht worden seyn. Andere schreiben sie einem gewissen Julius César, einem Chirurgen zu Rimini zu, der 1590 eine Eisenstange, die am Thurme der dortigen Augustinerkirche zur Unterstützung des Mauerwerks angebracht war, magnetisch fand. Pouillet Phys. I. p. 486.

Digitized by Google

Jahr 1722 das eiserne Kreuz, das ein paar hundert Jahre lang die Spitze des Kirchthurms zu Delft geziert hatte, zur Reparatur heruntergenommen wurde, lieſs der berühmte Loewenhoeck, wie er sagt, auf das Anrathen eines Fremden, von einem Arbeiter ein Stück jenes Kreuzes, etwa eine Spanne lang, sich bringen; es zeigte aber auf die Compaſsnadel keine Wirkung. Erst später brachte ihm der nämliche Arbeiter einige verrostete Stücke vom Fuſse der Helmstange, die mehr Anziehungskraft hatten, als die beiden natürlichen Magnete, die Loewenhoeck besaſs; diese Stücke waren aber auch, bemerkt er, so hart, daſs keine Feile sie angriff. Vielleicht war es diese Beobachtung, die ein Jahr später einen Neffen von ihm, Arnould Marcel, auf die Idee brachte, Stahlstäbe dadurch magnetisch zu machen, daſs er sie, auf einen 90 ℔ schweren Amboſs gelegt, mit dem untern abgerundeten und polirten Ende einer 33 Zoll langen, einen Zoll dicken, vertical gehaltenen Eisenstange mit starkem Drucke wiederholt von Nord nach Süden bestrich[1]. Doch verschaffte er sich auf diesem Wege nur einige kleine Magnete, ohne die Sache weiter auszudehnen. Schon am Ende des siebzehnten Jahrhunderts hatte man die wechselnde Polarität des Eisens erkannt, ohne die Sache weiter auszudehnen. Man wuſste bereits, daſs eine vertical gehaltene Eisenstange an ihrem untern Ende Nordpolarität erhalte, ja sogar, daſs diese Magnetisirung augenblicklich sey und mit jeder Umkehrung sich in dem Eisen wieder neu bilde. Allein erst Clairaut machte im J. 1723 auf die Verschiedenheit zwischen Eisen und hartem Stahl in Beziehung auf Annahme und Dauerhaftigkeit des Magnetismus aufmerksam[2]. Er bemühte sich, noch andere Quellen des Magnetismus aufzufinden, und wies namentlich auf eine bekannte Erfahrung der Stahlarbeiter hin, nach welcher die stählernen Werkzeuge, Meiſsel, Feilen u. s. w., mit welchen man das Eisen *kalt* bearbeite, dadurch magnetisch werden. Indem er Rohault's Meinung, als hätte die Operation des Härtens und Ablöschens im Wasser an jener Magnetisirung Antheil, durch directe Versuche widerlegte, suchte er

---

1 Philos. Trans. p. 423. oder Année 1732. p. 92. D. Uebers. v. Brémond.

2 Mém. de l'Acad. 1723. p. 81.

mit Zuziehung eines nicht immer klaren Räsonnements übei die Circulation der magnetischen Wirbel im Eisen zu zeigen, daſs hauptsächlich die Zusammendrückung des Eisens an dieser Entwickelung des Magnetismus Schuld habe, und lehrt weitläuftig, wie man durch Schlagen (gleichviel in welcher Richtung), durch Biegen und Winden des Eisens denselben hervorbringen könne[1]. Auffallender Weise aber erwähnt e des *Streichens* mit keinem Worte, obgleich schon Gilbert[2] durch Streichen mit einem Magnetsteine das Eisen magnetisch gemacht hatte.

Savery, der, wie er sagt, schon seit den Schuljahren mit dem Magnetisiren von horizontalen Nadeln sich abgegeben hatte, war ebenfalls mit dem Magnetismus der eisernen Gittersprossen seiner Fenster bekannt geworden. Doch versuchte er es erst mit einem schwachen Magnetsteine, der nu 433 Gran zog, mehrere Stücke Stahldraht, den er gehärte und polirt hatte, durch *Streichen* zu magnetisiren. Diese band er dann eilig in ein sechseckiges Bündel zusammen und versah sie mit einem hervorragenden Stücke Eisen als Armirung Dadurch erhielt er einen künstlichen Magnet, der den natürlichen an Stärke übertraf. Nun bereitete er neue Stahlstäbe setzte beide Magnete, den natürlichen und den künstlichen auf die Mitte derselben und fuhr dann mit denselben divergirend nach den Enden des Stabes hin. Also eine Magnetisirung durch den *Doppelstrich*. Diese Stäbe, ebenfalls vereinigt, bildeten einen zweiten künstlichen Magnet, der fü sich allein 1125 Gran und mit dem erstern verbunden 576(oder 1 ℔ trug, obgleich die Stahlstücke nicht völlig 3 Zol Länge hatten. Auf ähnlichem Wege verfertigte er nachhe Magnete aus Stahlbündeln von 12 und 16 Zoll Länge. Savery verfertigte auch Magnete ohne Beihülfe eines andern Magnets, als (wie er sich ausdrückt) desjenigen, der im Centrun der Erde sich befindet.

Im Jahre 1750 brachten Michell[3] und Canton[4] ihr

---

1 Ebendieses behauptete schon früher ein gewisser J. C. in der Philos. Trans. f. 1694.

2 De Magnete. L. III. c. 3. p. 124. Ed. in 4.

3 Treatise on artificial Magnets. Lond. 1750. 8.

4 Philos. Trans. Vol. XLVII. p. 31. übers. im Hamb. Mag VIII. 339.

Digitized by Google

Methoden zur Verfertigung künstlicher Magnete zu Tage, bei welchen ebenfalls der Erdmagnetismus das Erregungsmittel war und das *Streichen* in Verbindung mit gröſsern oder kleinern Eisenmassen angewandt wurde; auch lehrten sie die nahe gleichzeitig von Le Maire, Duhamel [1] und später von Antheaulme [2] angegebene Methode, *die Magnete durch sich selbst zu verstärken*, indem man jeden einzelnen Stab durch die vereinte Kraft aller übrigen magnetisirte. Allein schon im J. 1746 hatte Dr. Gowin Knight [3] der königl. Societät zu London zwei 15 Zoll lange Magnetstäbe von ganz besonderer Stärke vorgelegt, die er ohne Zuthun eines Magnets verfertigt hatte. Er weigerte sich jedoch, das Geheimniſs anzugeben, wenn man ihm auch, wie er sich ausdrückte, so viel Guineen dafür geben würde, als er selbst zu tragen vermöchte. Später brachte er eine Art *magnetisches Magazin* zu Stande, das alle frühern und spätern Apparate übertraf und mit welchem er die Pole der kräftigsten natürlichen oder künstlichen Magnete beinahe augenblicklich umwendete oder auch ihre Tragkraft bis zum Maximum verstärkte [4]. Es bestand aus zwei groſsen Parallelepipeden, deren jedes 500 ℔ wog und 240 stark magnetisirte Stahlstäbe von circa 5 Fuſs Länge enthielt, die in vier Abtheilungen, zu 60 Stäben, geordnet waren. Diese 60 Stäbe lagen mit den gleichnamigen Polen an einander. Die Abtheilungen selbst aber berührten sich mit den ungleichnamigen. Jedes Parallelepipedon lag auf einem 6 Fuſs langen hölzernen Brete, das von einem massiven Halbkreise von 2½ Fuſs Radius unterstützt war. Im Centrum dieses Halbkreises befanden sich zwei Zapfen, die auf 3 Fuſs hohen, verticalen Pfosten lagerten, so daſs man das Ganze unter einem beliebigen Winkel neigen konnte. Der untere Theil des Gestelles ruhte auf vier Rollen. Die Schwierigkeit, so groſsen Stahlstangen die nöthige Härte zu geben, machte, daſs die Maschine nach einiger Zeit von ihrer Kraft einen guten Theil verlor. Sie wurde von Knight's Erben, Fo-

1 Mém. de l'Acad. 1745.

2 Mémoire sur les aimans artificiels. Par. 1760. 4. und Lalande in d. Mém. de l'Acad. 1761.

3 Philos. Trans. Nr. 474, 484.

4 S. die Beschreibung von Fothergill in d. Philos. Trans. Vol. LXVI. 1776. p. 591.

Digitized by Google

THERGILL, der Königl. Societät zum Geschenk gemacht; der eine Theil war inzwischen dem Dr. MAGELLAN zum Behuf einiger Versuche nach Hause überlassen worden, wo er durch eine Feuersbrunst gröſstentheils zerstört wurde. MAGELLAN suchte ihn zwar wieder herzustellen; allein er scheint nicht vermögend gewesen zu seyn, ihn wieder auf das Maximum seiner Kraft zu bringen.

Dr. KNIGHT verfertigte auch künstliche Magnete, als Nachahmung der natürlichen, aus einer Paste, die nach WILSON's Bericht[1] aus feinem Eisenfeilicht oder wohl eher aus fein zertheiltem Stahl bestand, welche, durch Leinöl verbunden, zu einer festen Masse ertrocknete, der man jede beliebige Gestalt geben konnte. Nach INGENHOUSS[2] bestand sie aus pulverisirtem Magnet, Kohlenstaub und Leinöl. Der Letztere brachte auch biegsame Magnete zuwege, indem er den Magnetstaub durch Wachs verband. Diese fand er eines stärkern Magnetismus fähig, als die aus Eisenfeilicht gebildeten.

In Frankreich hatte vornehmlich der Abbé LE NOBLE[3] sich mit Verfertigung starker Magnete beschäftigt; sie waren hufeisenförmig und aus mehrern Stäben zusammengesetzt. Einer derselben, der mit seinen Klammern 6 ℔ wog, trug fortwährend 90 ℔. Bei 100 ℔ riſs der Anker ab und dann vermochte der Magnet nur noch 38 ℔ zu tragen, bis er durch allmäliges Beschweren mit der Zeit wieder stärker wurde; doch war es unmöglich, ihn wieder zu seiner vorigen Kraft zu bringen. Ein zweiter von 16 bis 17 ℔ trug 195 Pfunde; die Last trennte sich bei 200 ℔ und dann trug er nur noch etwa 75 ℔. Der dritte, 15 ℔ schwer, trug einen Mann mit vielem Zugewicht und selbst lebhafte Bewegungen vermochten keine Trennung zu bewirken. Nicht weniger starke Magnete soll auch TRULLARD verfertigt haben. In Deutschland brachte sie Dr. KEIL auf 250 ℔ und ein sechspfündiger Magnet von ihm trug 71 ℔. COULOMB's Magnete zogen 100 ℔ bei 20 ℔ eignem Gewicht. Ein Magnet, den Dr. PEALE in America besitzt, hebt 310 ℔ bei 53 ℔ eigner Masse. Die

1 Philos. Trans. Vol. LXIX. for 1778. Nr. 5.

2 INGENHOUSS vermischte Schriften. Th. I. S. 402.

3 Journ. des Savans. 1772. Juin. p. 54. Ed. d'Amsterdam.

Digitized by Google

Arbeiten von Duhamel, Aepinus, Euler, Fuss und Coulomb waren eigentlich mehr auf Verbesserung des Verfahrens zur Magnetisirung, als auf die Verfertigung groſser Magnete gerichtet. Seit geraumer Zeit ist dieses Geschäft aus den Händen der Physiker an herumreisende Künstler übergegangen; die Kunstgriffe und Vortheile, die diese darin erlangt haben mögen, können jedoch der Wissenschaft keineswegs zu gute kommen, da ihre Beförderung mit dem Interesse solcher Personen im Widerspruche steht.

Eine ganz *eigenthümliche Art künstlicher Magnete* von der stärksten Gattung bot uns in neuester Zeit der *Strom der Volta'schen Kette* dar. Soviel auch seit 1820 im Elektromagnetismus gearbeitet, so mannigfach abgeänderte Versuche darüber angestellt worden sind, so blieb doch eins der erstaunenswürdigsten Experimente nicht nur lange verborgen, sondern auch, nachdem es bereits erfunden war, von den Physikern mehrere Jahre unbeachtet. Bereits im J. 1826 hatte Brewster im Edinburgh Philosophical Journal den dazu gehörigen Apparat in Beschreibung und Zeichnung angegeben, und ebenso wurde derselbe auch in den Transactions of the Society for the Encouragement of Arts, Manufactures and Commerce Vol. XLIII. p. 37. in einer schönen Reihe elektromagnetischer Versuche von Sturgeon in Woolwich aufgeführt. Er scheint jedoch zuerst im J. 1830 durch Pfaff in Kiel, der ihn in London bei Watkins, dem Aufseher des physikalischen Cabinets der Londner Universität, gesehn hatte, den Physikern des Festlandes bekannt geworden zu seyn. Um die nämliche Zeit (im Juli 1830) hatte auch Prof. G. von Moll in Utrecht[1], dessen Scharfsinne bei einer Besichtigung jener Sammlung im J. 1828 das Merkwürdige dieses Versuchs ebenso wenig entgangen war, die Aufmerksamkeit der französischen und englischen Physiker darauf hingeleitet. Beide hatten den Versuch mehr ins Groſse getrieben, und von Moll brachte auf diese Weise einen Magnet zuwege, der 154 ℔ trug. Sein erster Apparat bestand in Folgendem.

Ein Stück cylindrisches Stangeneisen wurde in die Gestalt eines Hufeisens umgebogen. Seine Länge hielt 8½ Zoll,

1 Bibl. Univers. XLV. 1830. p. 19. und Brewster's Edinb. Journ. of Science Nr. VI. p. 210.

der Durchmesser 1 Zoll. Um dieses Eisen wurde ein Kupferdraht von $\frac{1}{8}$ Zoll Dicke links umgewunden, so daſs er 80 Umläufe bildete. Seine Enden tauchten in zwei Schälchen mit Quecksilber, die mit den Leitungsdrähten eines Volta'schen Apparats in Verbindung standen. Es war ein einfacher Kupfertrog, bei welchem die wirksame Zinkoberfläche 11 engl. Quadratfuſs hielt. Im Augenblicke, als die erregende Flüssigkeit von $\frac{1}{60}$ Schwefelsäure mit Wasser zugegossen wurde, trug dieser Magnet 50 Pfunde, die durch vorsichtiges Zulegen bald auf 76 ℔ gebracht wurden. Sein Nordpol befand sich an demjenigen Schenkel, wo das umgebende Drahtende mit der vom Kupfer ausgehenden Leitung in Verbindung stand. So wie die Leitung unterbrochen wurde, fiel das Gewicht ab; dennoch vermochte der Magnet ein geringeres Gewicht, z. B. 20 ℔, noch eine Zeit lang zu tragen. Wurden die Verbindungsdrähte umgewechselt, so waren auch im Moment die Pole des Magnets umgesetzt, und die Anziehung erfolgte mit der vorigen Gewalt, und so schnell, daſs man, das Gewicht in der Hand haltend, einen lebhaften Ruck empfand. War statt eines eisernen Trägers eine Stahlnadel angehängt, so konnten bequem die Pole umgewendet werden, ohne daſs die Nadel herunterfiel; ein Beweis, daſs die magnetische Kraft im Hufeisen sich nicht augenblicklich verlor. Wird dieser Magnet überladen, so daſs der Träger abreiſst, so findet das Nämliche statt, was auch bei gewöhnlichen Magneten erfolgt, es bedarf einiger Zeit, ehe die vorige Kraft sich wieder einstellt.

So schnell auch dieser Magnet seine Kraft empfängt und verliert, so vermag er doch Stahlstäben, die an seinen Enden gerieben werden, einen bleibenden und starken Magnetismus zu ertheilen und ihre Pole schnell umzukehren. Ein stählerner Magnet von 8½ Zoll Höhe und 8 ℔ Gewicht, der 50 ℔ trug, wurde mit Draht umwunden, ohne an Kraft zu gewinnen; dagegen genügt es, ein unmagnetisches stählernes Hufeisen statt des Trägers mit seinen Enden an das elektromagnetische Eisen eine Zeit lang anzuhängen und so den magnetischen Strom durch dasselbe durchflieſsen zu machen, um ihm eine bedeutende Anziehungskraft mitzutheilen. Ein Hufeisen von Messing mit Kupfer- oder Eisendraht umwunden zeigte gar keine Wirkung. Die Stärke eines solchen elektrodynamischen Magnets hängt nicht allein von der Gröſse des elektri-

Digitized by Google

ſchen Apparats, ſondern von einem ſchicklichen Verhältniſse aller übrigen Theile, der Gröſse des Hufeiſens, der Dicke des umwundenen Drahts, der Zahl der Windungen ab. Mit *dünnen* Drähten brachte Pfaff nur eine geringe Wirkung hervor, und als von Moll ſeine Batterie von 11 Quadratfuſs auf 17 vermehrte, nahm die Tragkraft keineswegs zu.

Das krummgebogene Eiſen wurde mit Seide umlegt und mit einem Eiſendraht von $\frac{3}{16}$ Zoll Dicke umwunden; es wog 6 ℔, mit dem Träger $7\frac{1}{4}$ ℔ und trug 86 ℔. Ermuthigt durch dieſe Verſuche verſchaffte ſich von Moll ein Hufeiſen von $12\frac{1}{2}$ Zoll engl. Höhe und $2\frac{1}{4}$ Zoll Eiſendicke, das mit dem Träger von 4 ℔ zuſammen 30 ℔ wog. Mit 43 Gängen eines rechts gewundenen Meſsingdrahts von $\frac{1}{8}$ Zoll Dicke umwickelt trug es, durch den Apparat von 11 Quadratfuſs geladen, 135 ℔, und als es ſpäter mit Seide bekleidet und von einem Eiſendraht umzogen wurde, ſogar 154 ℔.

Als Concurrenten des Prof. v. Moll in dieſen Verſuchen, ſowohl in Beziehung auf die Gröſse der magnetiſchen Wirkung, als die Zeit ihrer Bekanntmachung, erſcheinen in America Joseph Henry und Dr. Ten Eyck, Mitglieder der Albany Academie[1]. Ihre Verſuche ſind beſonders dadurch merkwürdig, daſs ſie, mit einem ſehr kleinen Apparate angeſtellt, von der Vermehrung der elektriſchen Kraft durch die Multiplication ihrer Berührungen nach Schweigger's Idee einen erſtaunenswürdigen Beweis liefern. Der Magnet war eine Stange weichen Eiſens, 20 Zoll lang und 2 Zoll ins Gevierte, in ein Hufeiſen von $9\frac{1}{2}$ Zoll Höhe umgebogen; die ſcharfen Kanten deſſelben wurden mit dem Hammer ein wenig abgerundet und ſo wog es 21 ℔ (*avoir du poids*). Ein Stück der nämlichen Stange, 7 ℔ ſchwer, wurde an einer Fläche plan gefeilt und die Enden des Hufeiſens auf demſelben abgeſchliffen. Um dieſen Körper wurden 540 Fuſs Kupferdraht (ſogenannter Glockendraht von 0,045 Zoll Dicke) umgewunden, und zwar ſo, daſs er 9 getrennte Abtheilungen bildete, indem je 60 F. auf eine Stelle von ein paar Zollen Länge

Fig. 106.

1 S. Sillimann's American Journ. of Science and Arts. Vol. XIX. p. 400. Henry behauptet ſchon im März 1829, dem Albany Inſtitut einen Hufeiſen-Magnet vorgezeigt zu haben, der mit 35 F. Draht in 400 Windungen umgeben war und groſse Stärke beſaſs.

hin und her und übereinander gehend aufgewickelt wurden; die Drahtenden dieser Abtheilungen standen frei heraus, so daſs man nach Belieben 60, 120, 180 u. s. w. Fuſs mit dem Volta'schen Apparate verbinden konnte, indem man z. B. den Anfang der zweiten Windung mit dem Ende der ersten, den Anfang der dritten mit dem Ausgang der zweiten verband. Diese Verbindung geschah durch wirkliches *Zusammenlöthen* (*soldering*) ohne Anwendung von Quecksilber. Das Ganze wurde in ein starkes hölzernes Gestelle von 4 Fuſs Höhe und $1\frac{1}{2}$ Fuſs Breite aufgehängt und unter dem Träger eine Eisenstange als Hebel zweiter Art angebracht, in welchem ein Laufgewicht wie an einer Schnellwaage die zunehmenden Belastungen anzeigte.

Der elektrische Apparat bestand aus einem einzigen Plattenpaare, nämlich aus einem Doppelcylinder von Kupfer, in welchem ein Zinkcylinder eingesenkt werden konnte; die wirkende Oberfläche hielt $\frac{2}{3}$ Quadratfuſs und bedurfte etwa einer halben Pinte verdünnter Säure. Mit diesem geringen Elemente ergaben sich folgende Wirkungen.

1) Eine einzige Windungsabtheilung mit der Batterie in Verbindung gesetzt gab dem Hufeisen nur ebensoviel Kraft, als hinreichte, den Träger zu heben, also 7 ℔. Mit dem einen oder andern Ende des Magnets war das Resultat das nämliche.

2) Zwei Windungen zunächst an der Biegung oder dem Scheitel des Hufeisens mit dem Apparate verbunden erhoben sogleich die Anziehung auf 145 ℔.

3) Die zwei äuſsersten Abtheilungen an beiden Enden des Magnets gaben 200 ℔.

4) Eben diese, nebst einer Abtheilung von der Mitte der Biegung, also drei Windungen hoben 300 ℔.

5) Vier Windungen, je zwei von den Enden des Magnets, brachten die Kraft auf 500 ℔. Wenn man das Kupfergefäſs mit der Säure herabzog, so daſs der Zinkcylinder entblöſst wurde, trug der Magnet noch einige Minuten lang 130 ℔.

6) Sechs Drähte gaben eine Kraft von 570 ℔ und wenn

7) alle Drähte (9 an der Zahl) verbunden wurden, so war das Maximum der Wirkung 650 ℔ mit einer Batterie, die nicht einmal einen halben Quadratfuſs betrug.

Digitized by Google

8) Eine andere Batterie mit einer Zinkplatte von 12 Zoll Länge und 6 Zoll Breite, auf beiden Seiten mit Kupfer umgeben, (also 1 Quadratfuſs wirkende Fläche) brachte die Anziehung auf 750 ℔, und dieses war wohl das Höchste, was mit diesem Magnete zu erreichen stand, denn eine Batterie von 28 Plattenpaaren, jede Tafel von 8 Quadratzoll Fläche, blieb unter dieser Wirkung.

9) Um die Wirkung zu erfahren, die ein sehr kleines Volta'sches Element auf eine so groſse Eisenmasse haben würde, wurden die sämmtlichen Drähte mit einem Plattenpaare verbunden, das nur 1 Quadratzoll groſs war. Der Magnet zog 85 ℔.

10) Das nämliche Hufeisen mit 6 Windungsabtheilungen, jede von 30 F. Länge versehn, trug in Verbindung mit dem cylindrischen Apparate 375 ℔.

11) Eben diese Drähte auf 3 Abtheilungen von 60 Fuſs jede verlegt hoben nur 290 ℔; sehr übereinstimmend mit dem vierten Versuche, obgleich hier nicht die nämlichen Drähte gebraucht wurden. Zugleich erhellt, daſs 6 kurze Drähte mehr wirken, als 3 von der doppelten Länge.

12) Die 2 Windungen des dritten Versuchs in eine einzige von 120 F. umgelegt gaben nur 60 ℔ Anziehung statt 200 ℔, wie in Nr. 3; eine auffallende Bestätigung des vorigen Resultats.

13) Mit eben diesen Windungen erhielt man 110 ℔, wenn man sie mit einer Batterie von 2 Plattenpaaren, deren Gesammtfläche derjenigen des cylindrischen Apparats vollkommen gleich war, in Verbindung brachte; ein Beweis, daſs die Vermehrung der Volta'schen Elemente der Elektricität eine gröſsere Wurfkraft (*projectile force*) ertheilt, wodurch sie fähig wird, eine gröſsere Drahtlänge ohne Schwächung zu durchlaufen.

Noch mag hier eines Umstands Erwähnung geschehn, der zwar bei allen Magneten bemerkbar, doch hier in ganz auſserordentlichem Maſse hervortrat, nämlich der Verschiedenheit der Anziehung, wenn der Träger nur mit einem oder wenn er mit den beiden Enden des Hufeisens in Verbindung stand, also der magnetische Kreislauf abgebrochen oder aber vollständig war. Im erstern Falle vermochte der Magnet bei voller Wirkung aller Elemente nur 5 bis 6 ℔ zu ziehn (doch

Digitized by Google

ohne je den Träger von 7 ℔ fallen zu lassen), während er im zweiten mehr als 700 ℔ hob.

Noch auffallender als bei dem groſsen Magnete zeigte sich die Wirkung der Drahtumwindungen bei kleinen Eisenstäben; ein Beispiel mag hier genügen; ein Eisendraht von $\frac{6}{100}$ Zoll Durchmesser, 1 Zoll lang, zu einem Hufeisen umgebogen, etwas glatt geschlagen und mit 3 Fuſs Messingdraht von $\frac{1}{40}$ Zoll Dicke umwunden, 6 Gran schwer, zog mit dem Plattenpaar von 1 Quadratzoll 2 Unzen 15 Dwt. 1 Gr. oder 1321 Gran Troygewicht; mit 4 solcher Platten 3 Unz. 17 Dwt. 10 Gr. oder 2338 Gran, und mit dem cylindrischen Elemente 5 Unz. 5 Dwt. 4 Gr., oder 2524, d. h. 421mal sein eignes Gewicht. Der oben angeführte kleine natürliche Magnet, den Sir J. Newton beſaſs, trug nur das 250fache.

III. Magnetische Erscheinungen im Allgemeinen.

1) Anziehung überhaupt.

Die auffallendste Aeuſserung des Magnetismus besteht, wie wir so eben gesehn haben, in der oft bedeutenden Kraft, mit welcher Eisen und eisenhaltige Stoffe vom Magnete angezogen und festgehalten werden. Es ist aber diese Wirkung nicht ein bloſses Ankleben dieser Körper, eine Adhärenz, wie diejenige, die etwa zwischen genau auf einander passenden glatten Flächen durch Dazwischenkunft von Wasser, Luft, Quecksilber, Fett oder auch durch völlige Entfernung eines solchen Zwischenmittels hervorgebracht wird, sondern es ist die sichtbare Folge einer Kraft, die beide Körper zu verbinden strebt, selbst wenn sie noch nicht zur Berührung gekommen sind.

2) Anziehung in die Ferne.

Diese ist bei starken Magneten in entscheidendem Grade fühlbar, indem sie nach Musschenbroek[1] bis auf 10 und 14 Fuſs geht, und sie giebt auch bei schwächern noch auf groſse Entfernungen sich zu erkennen, wenn der angezogene Körper

1 Dissert. de Magnete. p. 27. 23. 115.

leicht und sehr beweglich ist. Man pflegt zu dem Ende solche leichtere Körper in einem Schiffchen aus dünnem Kupfer oder Papier auf Wasser oder auch auf Quecksilber zu setzen, wobei man jedoch Sorge tragen muſs, daſs das letztere rein von Staub und Fett oder jenem Oxyd sey, das sich leicht als dünne Haut über dasselbe legt. In welchem Verhältnisse die Anziehung in die Ferne zu der festhaltenden Kraft stehe, ist noch nicht durch Versuche ausgemittelt; doch ist es natürlich anzunehmen, daſs sie mit der Stärke des Magnets selbst wachse, und schon Hartsoeker bemerkt, daſs drei oder vier Magnete vereint einen ausgedehntern Wirkungskreis haben, als einer allein. Auf jeden Fall ist sie eine höchst auffallende und mit Ausnahme der erst spät entdeckten elektrischen Anziehungen an keinem andern Körper bemerkte Erscheinung, und es dürfte in Frage kommen, ob ohne diesen Fingerzeig der Natur der menschliche Geist sobald zu jener fruchtbaren Hypothese der allgemeinen Attraction sich erhoben hätte, durch welche die Astronomie so erhabene Resultate sich errungen hat.

3) Die magnetische Kraft durchdringt alle Körper.

Eine dritte auffallende Eigenthümlichkeit der magnetischen Kraft liegt in ihrer Fähigkeit, *feste und flüssige Körper zu durchdringen.* Wir sehn die Lichtstrahlen durch dunkle Körper aufgehalten, die Schallwellen nur durch solche Stoffe fortgepflanzt, die mindestens einige Elasticität besitzen, und die Wirkungen des elektrischen Fluidums durch die meisten Substanzen abgeschnitten. Riechende Ausdünstungen werden durch alle nicht offenbar poröse Gefäſse gesperrt und auch die Wärme arbeitet sich nur allmälig und nicht ohne merkliche Schwächung durch eine ihrer Strahlung entgegengestellte Scheidewand hindurch. Anders die magnetische Kraft. Sie durchdringt Holz, Steine, Metalle, Glas, Flüssigkeiten mit augenblicklicher und ungeschwächter Wirkung. Das bemerkten schon Gilbert[1], Kircher[2], Schott[3], Gassendi[4] und die floren-

1 De Magnete. L. II. c. 16.
2 Magia naturalis. L. I. prop. 2. Theor. 7.
3 Ars magnetica. c. 3. §. 1. p. 245.
4 Lib. X. Diog. Laert. p. 197.

Digitized by Google

tiner Physiker[1]. Musschenbroek[2], der die Anziehung durch angehängte Gewichte an einer Waage maſs, überzeugte sich durch viele Versuche, daſs die magnetische Kraft durch breite Tafeln von $1\frac{3}{4}$ Zoll Dicke aus Blei, Zinn oder Kupfer ungeschwächt hindurch ging, ebenso wenig wurde sie von silbernen oder goldenen Münzen unterbrochen; sogar eine Bleimasse von 1 Fuſs Dicke hielt die Wirkung eines starken Magnets nicht im mindesten auf. Um sich zu versichern, daſs das magnetische Agens nicht etwa die Ränder der zwischengelegten Flächen umgehe, schloſs er einen Magnet in dicht verlöthete Kapseln von Blei, Zinn und von Kupfer ein und fand in Abständen von 1 bis 12 Linien für alle drei Metalle nicht nur die nämlichen sollicitirenden Kräfte des Magnets, sondern auch gerade diejenigen, welche er im Freien in diesen Abständen beobachtet hatte. Eben dieses leisteten auch Kapseln von Glas und chinesischem Porzellan; nirgends erfolgte weder Säumniſs noch Schwächung. Selbst das *Vacuum* der Luftpumpe bewirkte nicht die geringste Aenderung[3]. Daſs auch Wasser und Weingeist, selbst die Weingeistflamme oder eine groſse heftige Oelflamme, die Wirkungen des Magnets nicht stören, dafür sind Gilbert, Loewenhoeck[4], Chr. Wolf[5] und Musschenbroek[6] als Gewährsmänner anzuführen. Einzig das *Eisen* macht hiervon eine Ausnahme. Es nimmt die vom Magnete ausströmende Kraft in sich auf, und je nach seiner Gestalt und seiner Lage gegen den Magnet dient es, die Wirkung desselben entweder weiter auszubreiten, oder dieselbe von einem früher afficirten Körper abzulenken oder auch sie ganz zu zerstreuen. So vermag der Magnet das auf eine

---

1 Exper. Acad. del Cimento. p. 247.

2 Dissert. de Magnete. p. 64.

3 Nach Brugman's Tent. de mat. magnetis. p. 95. oder S. 112. d. deutsch. Uebers. hat auch *verdichtete* Luft keinen Einfluſs. Musschenbroek berichtigt hier einen Versuch von Boyle (Contin. I. Exper. Phys. Mech. Exp. 31.), der das Gegentheil beweisen sollte; Boyle hatte den Träger bis zum Maximum beschwert; beim Auspumpen fiel die Last ab, entweder in Folge einer leicht möglichen Erschütterung, oder weil sie in verdünnter Luft specifisch schwerer wurde.

4 Philos. Trans. Nr. 226 u. 227. Gilb. de magnete. Lib. II. cap. IV.

5 Vernünftige Gedanken u. s. w. Th. III.

6 De Magnete. p. 76.

Digitized by Google

Glastafel geworfene Eisenfeilicht in Bewegung zu setzen, wenn es unter derselben herumgeführt wird; es bilden sich in dem Eisenstaub regelmäſsige Curven und Figuren, die hingegen nicht statt finden, wenn man statt der Glastafel ein *dünnes Eisenblech* gebraucht [1]. Ueberhaupt scheinen die Körper der Fortpflanzung des magnetischen Fluidums desto gröſsere Hindernisse entgegenzusetzen, je mehr sie, sey es durch Beimischung feiner Eisentheile, durch die Anordnung ihrer Molecülen oder eine andere noch unerforschte Eigenthümlichkeit selbst fähig sind, einigen Magnetismus anzunehmen. Die unten beim *Rotationsmagnetismus* anzuführenden Versuche lassen in dieser Hinsicht keinen Zweifel übrig. Ganz neuerlich jedoch hat Harris durch einen Apparat, den er im Februar 1831 der Royal Institution of Great Britain vorlegte, die hemmende Kraft einiger Metalle für den Durchgang feiner und flüchtiger Magnetismen dargethan. Den neuen Entdeckungen zufolge vermag ein schnell umgedrehter Magnet eine ihm gegenüberliegende bewegliche Eisenscheibe ebenfalls in Bewegung zu versetzen. Harris setzte deshalb eine magnetische Stahlscheibe, die an einer verticalen Axe befestigt war, in schnelle Drehung (etwa 600 Umläufe in der Minute), bedeckte sie dann mit einem Glascylinder und brachte einige Zoll über demselben eine auf einer Spitze schwebende leichte Scheibe von verzinntem Eisenbleche an, die in einer gläsernen Dose verschlossen war. Auf einer Art Wagen, der auf einem besondern Geleise lief, konnten dann bedeutende Metallmassen zwischen die beiden gläsernen Recipienten ohne Störung oder Erschütterung geschoben werden. Sowie nun die magnetische Scheibe gedreht wurde, setzte sich auch die Blechscheibe über derselben in Bewegung. Nun wurde eine Kupfermasse, 1 Quadratfuſs groſs und 3 Zoll dick, zwischen beide gebracht; sogleich ging die Blechscheibe langsamer und stand endlich ganz still, gerieth aber wieder in Drehung, sobald die Zwischenmasse zurückgezogen wurde, so daſs dieser abwechselnde Zustand nach Belieben wiederholt werden konnte. Vier Blöcke von Zink, jeder 1 Zoll dick, und selbst eine Silbermasse von 3 Z. Dicke hatten den nämlichen Effect.

---

1 Van Swinden, Analogie de l'Electricité et du Magnetisme. T. I. p. 128.

Digitized by Google

Wohl unterscheidet Harris die ungestört durchströmende Kraft eines starken Magnets (wie oben bei Musschenbroek's Versuche mit dem bleiernen Kubus) von der flüchtigen Erregung jener Rotationen, die keine Spur einer inhärirenden Polarität zurücklassen und wo mit der Ursache auch die Wirkung augenblicklich verschwindet[1].

Von dieser dem magnetischen Fluidum ausschlieſslich zustehenden Kraft, alle Körper ungeschwächt zu durchdringen, hat Will. Scoresby eine nützliche Anwendung zur Bestimmung ganz naher, aber einander völlig unzugänglicher Entfernungen, z. B. zur Ausmittelung der Wanddicke zwischen zwei Stellen in einem Bergwerke vorgeschlagen[2]. Nachdem er sich durch Versuche überzeugt hatte, daſs die magnetische Wirkung durch allerlei Substanzen, als Stein, Holz, verschiedene Metalle, durch Ziegelsteine, Erde, Wasser, Papier, Leder, Haare, Federn, Wolle, Gypswerk, Glas, Harz[3] und die Häute und Körper verschiedener Thiere unverändert durchgehe und daſs diese Permeabilität auf eine Distanz von mehrern Fuſsen, wie auf wenige Zolle statt finde, ging er zur nähern Ausmittelung der Hülfsmittel und zur Untersuchung der verschiedenen örtlichen Umstände über, die bei der Anwendung seiner Methode vorkommen. Bei der Messung selbst beobachtete er
Fig. nachstehendes Verfahren. War z. B. die Richtung der zu mes-
107. senden Mauer W gerade Nord und Süd, so gab die bei C angehaltene Boussole dieses sogleich zu erkennen, indem sie auf den Nullpunct spielte. Nun wurde auf der andern Seite der Mauer und senkrecht auf dieselbe der Nordpol N eines 12zölligen Magnetstabes angelegt und die durch denselben bewirkte Ablenkung der Boussole bemerkt, nachher aber der Magnetstab wieder diesseit der Mauer in N' in eine solche Lage gebracht, daſs sein Nordpol eine ebenso groſse Ablenkung im entgegengesetzten Sinne hervorbrachte. In diesem Falle war also CN = CN', oder die Dicke der Mauer vom Centrum der Boussole an gerechnet war gleich dem bequem

---

1 S. Journ. of the Roy. Institution. Nr. III. 550.

2 The Edinburgh new philos. Journ. by Jameson. 1832. Nr. 24. p. 319.

3 Durch einen Elektrophor, selbst auch im Zustande elektrischer Erregung.

Digitized by Google

auszumessenden Abstande des Centrums der Boussole vom Puncte N'. Lag die Mauer nicht im Meridiane, sondern in irgend einer schiefen Richtung auf denselben, so brachte Scoresby einen kleinen *dirigirenden* Magnetstab D (wie er ihn nennt) seitwärts so an, daſs der Nordpol der Nadel durch seinen Einfluſs auf den Nullpunct der Theilung gebracht wurde, wie im vorigen Falle. Die Messung geschah dann auf gleiche Weise, wie vorhin. In den Fällen, wo die Wirkung gering war, wurden beide Pole des Magnets in Anwendung gebracht, um durch Anziehung sowohl als Abstoſsung eine Angabe zu erhalten.

In zwölf Versuchen, die mit dem 12 Zoll langen Magnetstabe und einem gewöhnlichen Taschen-Compaſs angestellt worden waren, betrug der Fehler der magnetischen Angabe mit der wirklichen Ausmessung verglichen nur selten 3 bis 5 Procent; in den meisten Fällen war er weniger als ein Hundertstel oder ganz Null. Die Dicke der Gegenstände ging bis auf $7\frac{1}{2}$ Fuſs; es waren Mauern von verschiedener Dicke, Schränke, Büchergestelle oder auch Felsmassen von Kalkstein oder Granit, deren Dicke untersucht wurde. Nur einmal fand sich, als in einem Gewölbe der für die Eisenbahn zwischen Liverpool und Manchester ausgegrabenen Hallen die Dicke einer Felswand gemessen wurde, ein Fehler von $\frac{7}{8}$ Zoll auf $3\frac{1}{2}$ Fuſs Wanddicke. Die Verschiedenheit erklärte sich jedoch nachher ganz genügend aus dem Umstande, daſs die Seiten der Felsmasse nicht genau parallel waren.

Scoresby hatte sich durch directe Versuche überzeugt, daſs die dirigirende Kraft eines Magnets so ziemlich im Verhältnisse der Länge der Stäbe und ihrer Anzahl stand. Seiner Erfahrung zufolge lassen sich mit einem gewöhnlichen Taschen-Compaſs von $1\frac{3}{4}$ Zoll Durchmesser Entfernungen, die bis auf das Vierfache der Stabslänge gehn, noch auf $\frac{1}{10}$ des Ganzen genau bestimmen. Mit einem Compaſs von 5 Zoll Durchmesser nach Kater's Construction mag dieses sogar auf 6 bis 10 Stabslängen geschehn. Zwei Stäbe, deren gleichnamige Pole um einige Zoll von einander getrennt sind, machen die Wirkung noch etwa um die Hälfte stärker, und vier Stäbe bringen auf 16 Stabslängen (oder eigentlich Abstände der Pole auf denselben) bei einer Boussole nach Kater dieselbe Abweichung der Nadel hervor, als ein Stab auf 10 Stabslängen,

so daſs man mit Stäben von 3 Fuſs Länge die Dicke einer Zwischenmasse von 40 F. mit leidlicher Genauigkeit bestimmen kann; und selbst auf 33 Poldistanzen oder 82 Fuſs wird die Boussole noch eine Ablenkung von etwa 2 Minuten zeigen. Noch empfindlicher wird dieses Werkzeug, wenn man durch Annäherung von einem oder zwei kleinen Magneten die dirigirende Wirkung der Erde neutralisirt. Versuche, die Scoresby in den schon erwähnten Ausgrabungen für die Eisenbahn zwischen Liverpool und Manchester, sowie auch in seinem eignen Hause und im Süden von Island anstellte, erwiesen aufs Neue die Uebereinstimmung zwischen Rechnung und Beobachtung.

Die Nützlichkeit seiner Methode erweist Scoresby unter andern durch die Erzählung eines Unfalls, der sich in der unterirdischen Straſse von Liverpool zutrug. Dieses merkwürdige Gewölbe von 2250 Yards Länge wurde nicht nur von den beiden Enden her ausgegraben, sondern es befanden sich zwischen denselben etwa sechs bis sieben Schachte zu eben diesem Zwecke. Der Werkführer, wohl wissend, daſs man einem Durchbruche nahe war, hatte mit dem jenseitigen Theile ein Signal verabredet, das der letzten Sprengung vorangehn sollte. Allein der damit beauftragte Arbeiter, in der Meinung, daſs man noch nicht so nahe sey, unterlieſs das Zeichen, auf welches der Aufseher und ein Gehülfe auf der andern Seite lauschten, und brannte die Mine los. Der Schuſs war so nahe, daſs jene nicht nur gefährlich verwundet, sondern sogar vom Pulver selbst im ganzen Gesichte geschwärzt wurden und jeder dabei ein Auge verlor. Hier hätte die magnetische Messung die Distanz bis auf einen Zoll angegeben und die Angabe einer so groſsen Nähe würde dann auch die heillose Sorglosigkeit des Arbeiters verhindert haben.

Scoresby erwähnt noch ein Paar andere Fälle, wo eine genauere Schätzung der Felsmassen von groſsem Nutzen gewesen wäre, und bemüht sich besonders beim Bergbau, bei der Schätzung von accordirtem Mauerwerk, bei Ausgrabungen unter einem Flusse, wie z. B. dem berühmten Tunnel unter der Themse, wo ein Inklinatorium hätte gebraucht werden müssen, die Anwendnng seiner Methode nachzuweisen. Als Apparat für diese Untersuchungen schlägt er zwei Magnetstäbe von drei Fuſs Länge nebst einem gewöhnlichen Grubencompaſs

vor; sehr zweckmäſsig räth er an, diese Stäbe in ihrer bestimmten Lage in einem dazu gehörigen Kasten zu lassen; auch scheint er zu glauben, daſs der Abstand der Pole vom Ende des Stabs bei allen Stäben ein gleiches Verhältniſs zur Länge des Stabs, etwa $\frac{1}{12}$, habe und will denselben durch Messungsversuche in verschiedenen Abständen und durch Rechnungsproben mit verschiedenen Voraussetzungen ableiten, da es doch ein Leichtes wäre, durch die Richtung einer kleinen Nadel von Draht die Stelle des Pols am Stabe selbst herauszufinden. Ebenso glaubt er, von seinen Tafeln über die zusammengesetzte Wirkung eines Magnetstabs auf die Boussole Gebrauch machen zu können, da es doch viel rathsamer ist, wegen der veränderlichen Kraft der Magnete bei jeder praktischen Anwendung vorher genaue Versuche im Freien zu machen. Auch räth er an, neben den gröſsern Stäben noch zwei kleinere von 1 Fuſs zu gebrauchen, um aus dem Verhältnisse ihrer Wirkung einen Schluſs auf die zu messende Distanz zu machen, indem z. B. bei gleichen Ablenkungen die Entfernung der kleinen Stäbe nur $\frac{1}{2}$ von derjenigen der groſsen betrüge. Die Methode der Schwingungen, die bei solchen Untersuchungen wohl einer bedeutenden Genauigkeit fähig wäre, läſst er nicht unerwähnt, hält sie aber für zu umständlich und in der Anwendung zu schwierig.

Ein nicht unwichtiger Umstand bei Untersuchungen dieser Art ist die Ungewiſsheit, ob die beiden Werkzeuge, der Magnet und die Boussole, sich in der nämlichen Horizontal-Ebene befinden. Hier kann nichts helfen, als eine Wiederholung des Experiments in verschiedenen Erhebungen über dem Boden. Scoresby schlägt dazu einen eigenen verticalen Rahmen für die genauere Stellung der Boussole, ja sogar eine Art Inklinationsnadel vor. Immerhin mochte eine astatische Nadel oder auch nur ein an einem Faden aufgehängter leichter magnetischer Draht von einiger Länge kein undienliches Mittel seyn, um die Richtung und Lage des jenseits liegenden Magnets zu entdecken; eine Untersuchung, die jeder Messung nothwendig vorangehn müſste. Erst nach diesem wäre durch veränderte Stellung der Boussole in verticaler sowohl als horizontaler Richtung das Maximum der Ablenkung und mithin die Stelle der kürzesten Entfernung und diese Entfernung selbst zu bestimmen. Zum Schlusse giebt Scoresby mit

Digitized by Google

ebenso groſser Weitschweiſigkeit, wie er bisher den Gebrauch seiner Methode entwickelte, ein Register von Fragen und Antworten an, welche auf die zwischen den Beobachtern zu führende Correspondenz während des Versuchs sich beziehn. Die Nummern dazu werden durch Hammerschläge geliefert, die in ungleichen Intervallen und mit verschiedener Beschleunigung gegeben werden. Das Picken der Arbeiter in den Kohlenminen soll man auf 60 bis 80 Fuſs hören können; der Schlag eines Hammers auf einen kleinen Amboſs sollte sich noch bestimmter und auf gröſsere Distanzen vernehmen lassen. Daſs jedoch bei der ganzen Untersuchung die Abwesenheit und Entfernung aller andern Eisenmassen oder magnetischen Gegenstände eine *conditio sine qua non* ausmache, bedarf wohl keiner Erwähnung.

4) Fortleitung des Magnetismus im Eisen.

Eben diese ausschlieſsliche Fähigkeit des Eisens, die magnetische Materie in sich aufzunehmen und sie mit augenblicklicher Schnelle durch sich, sey es nun im Innern oder an der Oberfläche, durchzulassen oder, wie man sagt, *fortzuleiten*, deckt uns eine vierte besondere Beziehung des Magnetismus zu den natürlichen Stoffen auf. Das oben aus Lucretius angeführte Aneinanderhängen mehrerer eiserner Ringe ist hierfür ein entscheidendes Experiment. Warum ist es unter den zahlreichen metallischen Substanzen hauptsächlich nur das Eisen, welches derselben zum Vehikel dienen kann? Liegt der Grund hiervon in der Anordnung seiner Molecülen, oder in seiner chemischen Beschaffenheit? Das Eisen verhält sich bei dieser Anziehung allerdings passiv und der Schluſs, den Einige aus dem Entgegenkommen des Magnets, wenn dieser beweglich und das Eisen fest war, auf eine gegenseitige Anziehung gemacht haben, möchte wohl irrig seyn; dagegen hängt die Stärke dieser Anziehung allerdings nicht bloſs von der Kraft des Magnets, sondern auch von der Qualität der angezogenen Eisenmasse selbst ab. Schon Dechales fand, daſs ein schwacher Magnet, der im Maximum zwei Unzen Eisen zu tragen fähig war, dieses nicht mehr vermochte, wenn man die eine Unze durch ein anderes Metall ersetzte, und Musschenbroek zeigt durch mehrere Versuche, daſs hier vieles von der Gestalt des Körpers abhänge und daſs es, auch

abgesehn von dieser, ein gewisses Maximum und Minimum der Masse gebe, zwischen welchen die stärkste Anziehung erfolge[1]. Er hatte sich eine Dose von dünnem Eisenblech verfertigt, die er mit Eisenfeilicht füllte, und maſs an einer Waage die Anziehung in verschiedenen Abständen von 12 Linien bis zur Berührung. Die volle Dose wurde bei der Berührung mit einer Kraft von 650 Gran angezogen, und als er einen Theil des Eisenfeilichts herausnahm, mit 710 Gran, bei einer noch geringern Quantität aber nur mit einem Gewichte von 315 Gran. Er schlieſst daraus mit Recht, daſs die magnetische Anziehung von der allgemeinen Gravitation, die mit den Massen wächst, wesentlich verschieden seyn müsse.

5) Magnetische Polarität.

Im höchsten Grade merkwürdig und wohl durch den Magnet zuerst in die Reihe unserer Begriffe eingeführt ist aber jener wunderbare Dualismus der magnetischen Kraft, den wir mit dem Namen der *Polarität* bezeichnen. Diese Zweigestaltung eines und desselben Wesens, die in der organischen Welt die Bedingung und Erregung einer fortwährenden Schöpfung ausmacht, scheint auch im Gebiete des sogenannten Unorganischen die Quelle einer nie ermüdenden Naturthätigkeit zu seyn. Beide Enden eines magnetischen Stabs ziehn mit gleicher Kraft, auf gleiche Entfernungen, nach gleichen Abstufungen das Eisen an. Wird aber dem Ende desselben ein anderer, ebenfalls magnetischer, beweglicher Stab genähert, so zeigt sich eine merkwürdige Verschiedenheit. Wird dem Ende N des horizontal liegenden Stabs SN das Ende s des Fig.
in c an einem Faden aufgehängten Stabs sn entgegengehalten, 108.
so erfolgt eine schnelle und lebhafte *Anziehung*. Nähert man hingegen dem Ende N das Ende n des beweglichen Stabs, so Fig.
zeigt sich im Gegentheil eine sichtbare *Abstoſsung*; die Na- 109.
del ns weicht aus, wie wenn sie von einer unsichtbaren, von N ausgehenden Kraft abgewiesen würde; das Nämliche findet statt, wenn dem Ende S das Ende s zugeführt wird. Aus Gründen, die später zu erwähnen sind, nennt man die Enden N und S, n und s die *Pole* dieser Magnete; der eine N und n heiſst der *nördliche*, der andere S und s der *südliche* Pol des-

---

1 Diss. de Magn. p. 49.

Digitized by Google

selben, und die ganze Erscheinung wird durch folgenden Satz ausgedrückt: *die ungleichnamigen Pole zweier Magnete ziehn einander an, die gleichnamigen stoſsen einander zurück.* Aus eben diesem Grunde werden die erstern zuweilen auch *freundſchaftliche* (*poli amici*), die letztern *feindliche* Pole (*poli inimici*) genannt. Die Entdeckung der Elektricität hat uns mit einer ähnlichen Verschiedenheit im Verhalten dieses Fluidums bekannt gemacht, und da man für gut gefunden hat, jene zwei Arten von Elektricität mit + E und — E zu bezeichnen, so mögen auch für die zweierlei Magnetismen die Zeichen + M und — M gebraucht werden. Den Alten, die weder die Armirung natürlicher Magnetsteine, noch die Verfertigung künstlicher Magnete aus Stahl kannten, muſste auch diese Merkwürdigkeit verborgen bleiben. Was bei dieser Erscheinung am meisten auffällt, ist die *Trennung der beiden Magnetismen in einem und demselben Magnetstabe.* So sehr auch die ungleichnamigen Pole zweier Nadeln sich zu einigen streben, so gänzlich gesondert erscheinen sie in einem einzigen Stabe. Das Maximum jeder Art von Magnetismus befindet sich nahe an dem äuſsersten Ende desselben; beide nehmen gegen die Mitte hin ab, und dort ist *Indifferenz*, weder Anziehung noch Abstoſsung, 0 M.

Eine fernere Eigenthümlichkeit der magnetischen Polaritäten besteht in der Erregung des

6) Magnetismus durch Vertheilung.

Wenn der Magnet das Eisen berührt, so flieſst die anziehende Kraft wie in einen ihr geöffneten Canal über und pflanzt sich in demselben auf eine beträchtliche Entfernung fort; die Wirkung kann, wie oben (4) gezeigt worden, bis auf 10 Fuſs und darüber gehn. Dabei erhält der ganze Eisenstab das nämliche M, welches der Magnet in der berührenden Stelle besitzt. Ganz anders verhält es sich, wenn ein Eisenstab dem Magnete nur bis auf eine geringe Entfernung, die nach Beschaffenheit seiner Stärke von ein Paar Linien bis auf ein Paar Zoll veränderlich seyn kann, genähert wird. Dann erfolgt eine Gegenwirkung; der eiserne Stab wird, auch ohne den Magnet zu berühren, ebenfalls magnetisch; aber der Magnetismus, welchen er in der genäherten Stelle erhält, ist der polare Gegensatz desjenigen, den der Magnet an jenem Ende

beſitzt. Wird z. B. der Eiſenſtab sn dem Pole N des Magnet- Fig. 110.
ſtabs SN genähert, ſo wird in ihm augenblicklich in s ein Magnetiſmus erregt, welcher das Umgekehrte des andern iſt, er zeigt daſelbſt — M, wenn der Magnet dort + M beſaſs, und ebenſo umgekehrt; dieſes — M breitet ſich aber nicht durch die ganze Länge des Eiſenſtabs fort, wie bei der Berührung, ſondern es nimmt ſogleich ab, wird in der Mitte des Stabs indifferent und es entſteht von da an ein zunehmender Magnetiſmus der entgegengeſetzten Art, ſo daſs das entferntere Ende N nun + M zeigt und der Eiſenſtab die Eigenſchaften eines vollſtändigen Magnets an ſich trägt, ſo lange er unter der Einwirkung des Magnets NS ſich befindet. Aus derſelben entrückt verſchwindet augenblicklich ſein ganzer Magnetiſmus und die vorher gelöſten Kräfte finden ſich wieder gegenſeitig gebunden. Das Eiſen verhält ſich alſo hier genau, wie ein guter Leiter der Elektricität, welcher der Einwirkung eines geladenen Conductors nahe gebracht worden iſt. Gleich jenem iſt es unfähig, irgend einen Magnetiſmus zu zeigen, ſo lange beide M in ihm vereinigt ſind. Sein Zuſtand iſt $+M-M=0$, woraus folgt, daſs 1. *nur durch Aufhebung dieſes Gleichgewichts Magnetiſmus ſich zeigen kann*, 2. *jeder Magnetiſmus entweder ſüd- oder nord-polariſch iſt und* 3. *daſs die Gegenwart des einen auch das Daseyn des andern bedingt, mithin ein unipolarer Magnetiſmus in keinem Körper vorhanden iſt.*

Noch auffallender zeigt ſich die Wirkung der Vertheilung in folgenden Verſuchen. Man hänge zwei Eiſendrähte Fig. 111.
AB und CD an Fäden auf, die im Puncte O vereinigt ſind. Ohne Magnetiſmus liegen dieſe Drähte an einander. Nähert man aber denſelben von unten her den Magnet M, ſo divergiren ſie erſtlich in Folge des in ihnen erregten gleichnamigen Magnetiſmus, wie die Fäden eines Elektrometers. Bei noch ſtärkerer Annäherung des Magnets aber werden ihre untern Enden B und D von ſeiner Kraft näher zuſammen gehalten, und das in ihnen geſteigerte + M der obern Enden A und C nöthigt dieſe einander gegenſeitig abzutreiben, wodurch ſie in die bezeichnete Stellung gerathen. Nach Entfernung des Magnets M fallen ſie wieder ganz zuſammen.

Es ſey ferner ein Eiſendraht AB dergeſtalt aufgehängt, Fig. 112.
daſs ſein Ende B einem andern Eiſenſtücke CD nahe komme.

Nähert man den Magnet M den Enden B und C, so stoſsen sie sich in Folge des in beiden erregten gleichnamigen Magnetismus gegenseitig ab. Bringt man aber den Magnet oben in die Nähe von A, so wird von B aus ein entgegengesetzter Magnetismus in C erweckt und diese beiden Enden ziehn einander an.

Hierher gehört auch ein Versuch, den Dufay im J. 1730 in den Denkschriften der Pariser Akademie[1] bekannt machte und dessen Erklärung später Aepinus versucht hat[2]; er besteht in Folgendem. „Wenn man eine Nadel in der Entfer-„nung von etwa 2 Lin. vor den Polen eines Magnets in be-„liebiger Richtung (südlich oder nördlich) vorbeiführt, ohne „ihn zu berühren, oder sie auch nur eine Zeit lang in dieser „Entfernung hinhält, so erlangt sie denjenigen Magnetismus, „welchen sie durch bloſses Auflegen auf den Magnet erhalten „hätte und der das Gegentheil von demjenigen ist, welchen „dieser ihr ertheilt haben würde, wenn sie berührend an bei-„den Polen vorbeigeführt worden wäre.“ Aepinus, der den Versuch wiederholte, fand, daſs bei der Bestreichung die Nadel denjenigen Magnetismus erhielt, welcher dem des zuerst die Nadel berührenden Pols entgegengesetzt war, und daſs diese Wirkung auch noch statt fand, wenn die Bestreichung in einer kleinen Entfernung vom Magnete (durch ein zwischengelegtes Stückchen Holz) bewerkstelligt wurde. Allein bei zunehmender Entfernung kam man auf eine Linie, in welcher die entgegengesetzten Polaritäten eintraten. Die Grenze dieser Umkehrung hängt von der Gröſse beider Körper und von der Stärke des Magnetismus selbst ab. Hiermit stimmt auch die von den neuen Physikern Savary und Nobili gemachte Entdeckung über die wechselnde Magnetisirung von Stahlstücken, die in verschiedenen Abständen vom Galvanischen Schlieſsungsdrahte gehalten werden[3], überein.

Die *Entfernung*, auf welche ein Magnet den Indifferentismus im Eisen aufhebt, sein *Wirkungskreis*, seine *Atmosphäre* ist nach seiner Stärke und Gröſse von sehr verschiedener Ausdehnung. Musschenbroek[4] führt hierüber einen

1 Mém. de l'Acad. roy. d. Sc. 1730. p. 219.
2 Novi Comm. Petrop. IX. p. 326.
3 Poggend. Ann. Bd. VIII. IX. X.
4 Diss. de Magnete p. 116. Exper. 45.

Digitized by Google

interessanten Versuch an, den früher schon Derham[1] angeſtellt hatte und der auch in neuern Zeiten von einem herumreiſenden Magnetkünſtler als Beweis einer auſserordentlichen Kraft ſeiner Magnete vorgezeigt wurde. Ueber einen groſsen und kräftigen Magnet A halte man in einer merklichen Entfernung zwei ganz unmagnetiſche Eiſenſtücke, z. B. zwei Schlüſſel B und C, ſo wird auch bei zunehmendem Abſtande von A der Schlüſſel B vom Schlüſſel C getragen werden; ja ſogar ein dritter D wird die beiden andern tragen, und man kann auf dieſe Weiſe die Schlüſſel bis auf 8, 9, 10 Fuſs von A entfernen, ehe ſie von einander abfallen. Der Umſtand, daſs das Ende K dem Magnete ſelbſt näher iſt, als C, thut der Anziehung nach oben keinen Eintrag. Musschenbroek findet dieſes ſonderbar und glaubt, der Schlüſſel BK werde vom Magnete A weniger, als vom Schlüſſel C angezogen. Allein die Kraft, welche die beiden Schlüſſel mit einander vereinigt, geht im Grunde doch von A aus durch B in C, und es iſt für das Tragen einerlei, ob der Schlüſſel B den Schlüſſel C, oder der letztere den erſtern an ſich ziehe. Daſs wirklich B vom Magnete A ſehr kräftig angezogen werde, zeigt Musschenbroek ſelbſt aus dem Umſtande, daſs, wenn man die Schlüſſel merklich aus der verlängerten Axe des Magnets ſeitwärts führt, das Ende K ſtets nach dem Pole A hinſtrebt, ſo daſs BK eine ſchräge Lage annimmt. Liegt die Axe des Magnets in horizontaler Richtung, ſo iſt die Anziehung der Schlüſſel geringer. Am ſtärkſten iſt die Wirkung, wenn der *Nordpol* des Magnets aufwärts ſchaut, weil alsdann die Südpolarität im untern Ende K des Schlüſſels B noch durch den Erdmagnetismus verſtärkt wird. Eben dieſe Hülfe des Erdmagnetismus in Verbindung mit dem *Magnetismus der Vertheilung* erweiſt ſich auch in der vermehrten Anziehungskraft, welche der Pol a eines Magnets erhält, wenn dem Pole b gegenüber eine bedeutende Eiſenmaſſe E angebracht wird. Bemerkenswerth iſt ferner der Umſtand, der aus ſpäter anzuführenden Verſuchen Bidone's unzweifelhaft hervorgeht, daſs nämlich *die magnetiſche Kraft eines Pols, wenn ſie durch den andern Pol am nämlichen Magnetſtabe hindurchgehn ſoll, von dieſem abſorbirt und aufgehoben wird.* So erleidet die Nadel a keine

Fig. 113.

Fig. 114.

1 Philoſ. Tranſ. Nr. 303.

Fig. 115. Wirkung vom entferntern Pole N des Stabes A, wenn beide mit ihrer ganzen Länge in der nämlichen geraden Linie liegen. Anders verhält es sich, wenn a irgend eine Seitenwirkung vom Pole N erhalten kann. Ebenso auffallend ist auch die Thatsache, daſs ein belasteter Magnet auf die Schwingungen einer in gewisser Entfernung aufgehängten Nadel *genau die nämliche Wirkung ausübt, wie wenn er nicht belastet wäre*[1].

7) Verschiedenes Verhalten von Eisen und hartem Stahl in Beziehung auf den Magnetismus.

In Beziehung auf die Fähigkeit, den Magnetismus in sich aufzunehmen, bieten *Eisen* und *Stahl* eine groſse Verschiedenheit dar. Reines, weiches Eisen wird vom magnetischen Fluidum ohne irgend ein Hinderniſs in vollem Maſse durchströmt, da hingegen der Stahl nur ein geringeres Quantum (etwa die Hälfte) desselben in sich aufnimmt. Die Mittheilung ist bei beiden augenblicklich, jedoch in der bemerkten Abstufung. Dagegen ist im Stahle die Wirkung bleibender, und er ist bekanntlich fähig, selbst ein Magnet zu werden, während das *Eisen* in dieser Beziehung ganz wirkungslos wird, sowie es dem Einflusse des Magnets entzogen ist. Es ist nach Barlow's Ausdruck *passiv-magnetisch.* Wenn man sich hier eine, obwohl weder begründete noch fruchtbare, Vergleichung mit der Elektricität erlauben will, so kann man sagen, das *Eisen* verhält sich wie ein *Leiter* des Magnetismus, der *Stahl* wie ein *Nichtleiter* oder ein *idiomagnetischer Körper.* Diese Eigenthümlichkeit beider Stoffe scheint vornehmlich von zwei Ursachen abzuhängen, die freilich beide auf die Anordnung der Molecülen und die Gestalt und Gröſse ihrer Zwischenräume Einfluſs haben können, nämlich von der *chemischen Beschaffenheit* des Metalls und seiner *Härte.* Ein Procent Kohlenstoff[2] ist hinreichend, das weiche, zähe Eisen

---

1 G. LXIV. 386.

2 Die Verbindung variirt von 1 bis 20 Tausendtheilen vom Gewicht des Eisens; 7 bis 8 Tausendtheile sollen den besten Stahl geben. S. die chemischen Lehrbücher von Thomson, Thénard, Berzelius u. a.

Digitized by Google

in einen Körper zu verwandeln, welcher der gröſsten Härte fähig ist. Besonders diese letztere ist es, welche die Dauerhaftigkeit des Magnetismus im Stahle bedingt, aber auch zugleich seiner Empfänglichkeit für schnelle Mittheilung entgegensteht. Selbst gewöhnliches Eisen, das, wie noch andere Metalle, z. B. Kupfer, Gold, Silber, durch Hämmern, Pressen, Laminiren härter wird, nimmt in diesem Zustande ein etwelches Maſs von bleibendem Magnetismus an, wie dieses das Magnetischwerden des Eisendrahtes durch Biegen, Brechen, Winden beweist. Ebenso wird das Eisen durch Beimischung von Schwefel, Phosphor, Arsenik eines eigenen Magnetismus fähig und seine Verbindung mit Gold, Silber, Zinn scheint ihm eben diese Eigenschaft zu gewähren, da hingegen sein Zusatz von Antimon denselben aufhebt. Nach Hatchett[1] kann beim Schwefel die Zulage bis auf 0,46 gehn, ohne die magnetische Fähigkeit zu stören, und sie verschwindet erst bei 0,52[2]. Umgekehrt ist, was die Härte vermindert, auch der Empfänglichkeit für fremden Magnetismus günstig, aber der Festhaltung eines eigenen entgegen; dahin gehört namentlich das Ausglühn des Stahls oder unreinen Eisens mit allmäligem Erkalten und selbst beim Nickel und Kobalt findet diese Wirkung der Erwärmung statt[3].

Daſs in frühern Zeiten, wo die Stahlbereitung noch mehr und weniger ein Kunstgeheimniſs und das Streben der Physiker hauptsächlich auf die Bereitung starker künstlicher Magnete gerichtet war, die Eigenthümlichkeiten des Eisens im Hintergrunde blieben, ist wohl nicht zu verwundern. Auffallender ist es jedoch, daſs selbst neuere Schriftsteller hierauf so wenig Gewicht legten, daſs die im Anfange dieses Jahrhunderts durch den Seefahrer Flinders angeregte, später durch Barlow am meisten erweiterte Entdeckung der, auch im reinen Eisen durch den Erdmagnetismus erweckten, *beweglichen Polarität* eine Zeitlang mit der *permanenten* des Stahls verwechselt wurde. Barlow ist überhaupt der einzige,

1 Philos. Trans. 1804.

2 Guſseisen, das ebenfalls keines permanenten Magnetismus fähig ist, soll nach Clouet höchstens 0,125 Kohlenstoff enthalten. Thomson Chim. I. p. 296. Vme éd. fr.

3 Biot traité de Phys. III. p. 9.

der über das Verhalten verschiedener Eisensorten bestimmte Versuche angestellt hat.

Die Schwierigkeit, bei dieser Untersuchung den Einfluſs des Erdmagnetismus auf die zu prüfenden Eisen- und Stahlstangen abzuwehren, veranlaſste ihn, eben diesen Magnetismus der Erde selbst als erregende magnetische Kraft anzuwenden. Er verschaffte sich Stäbe von vier verschiedenen Eisengattungen, nämlich von Schmiedeeisen, Guſseisen, gemeinem Stahl (*blister Steel*), von letzterem sowohl weich als im gehärteten Zustande; von jeder Sorte ein Paar. Sie waren sämmtlich 24 Zoll lang, 1 Zoll breit und 0,25 Zoll dick und wurden in der Richtung der magnetischen Neigung so befestigt, daſs jedesmal das untere Ende einer Stange in der nämlichen Horizontal-Ebene mit einer nebenstehenden empſindlichen Magnetnadel sich befand, die das einemal ostwärts, das anderemal um ebensoviel westwärts von dem Ende des Stabes entfernt war. Diese Enden wurden mit A und B bezeichnet, auch die Seitenflächen der Stäbe durch die Zahlen 1, 2, 3, 4 unterschieden. Der Erfolg zeigte jedoch, daſs die letztere Vorkehrung überflüssig war, indem sie bei jeder Umdrehung um ihre Längenaxe gleiche Resultate gaben. Die folgende Tafel zeigt die Abweichung der Nadel für die verschiedenen Stäbe in ihren abgeänderten Stellungen.

Bei einer Entfernung von 10,6 Zoll.

Metallsorte.		Oestl. v. d. Nadel		Westl. v. d. Nadel.		
		Ende A	Ende B	Ende A	Ende B	Mittel
Schmiedeeisen	Nr. 1	15° 30′	16° 22′	15° 30′	16° 22′	15° 54′
	- 2	16 0	15 45	16 0	15 45	
Guſseisen	Nr. 1	7 30	7 37	8 0	7 45	7 48
	- 2	6 30	9 30	6 0	9 38	
Weicher Stahl	Nr. 1	10 56	9 56	10 52	9 56	10 50
	- 2	14 22	8 7	14 22	8 7	
Harter Stahl	Nr. 1	9 56	8 0	10 0	8 0	8 37
	- 2	9 30	7 0	9 30	7 0	

Die nämlichen Versuche wurden in einem Abstande der Nadel von 6, 7 Zoll wiederholt, und gaben Abweichungen, die den obigen sehr nahe proportional waren. Bemerkenswerth ist hierbei 1) die nahe Uebereinstimmung der mittlern Resultate aus den zwei Stäben 1 und 2 der nämlichen Sorte, z. B. beim

Schmiedeeisen und ebenso beim Guſseisen, und 2) der Umstand, daſs, wenn auch in einem Stabe die Enden A und B merklich verschiedene Abweichungen gaben, doch ihre Mittelgröſsen bei zwei Stäben der nämlichen Gattung nicht sehr verschieden waren, wie das namentlich beim Guſseisen ersichtlich ist.

Da Stangen von deutschem Stahl (*Shearsteel*) in den nämlichen Dimensionen nicht zu erhalten waren, wenigstens ohne sie besonders zu schmieden, was die Textur des Metalls und seine Eigenthümlichkeit hätte gefährden können, so nahm Barlow vier solche Stangen, wie sie das Walzwerk lieferte, von denen zwei weich gemacht und zwei gehärtet wurden, und lieſs dazu zwei vollkommen gleiche Stäbe von Schmiedeeisen bereiten. Ihre Dimensionen waren 24 Zoll Länge, 1 Z. Breite und $\frac{1}{2}$ Zoll Dicke. Diese sechs Stäbe wurden auf dieselbe Art, wie die frühern, durchprobirt und gaben bei 5,2 Zoll Distanz vom Centrum der Boussole folgende Resultate:

		Ablenkung	Mittel
Weiches Eisen	Nr. 1	22° 17,5′	22° 15′
- -	- 2	- 12,5′	
Weicher Scheerstahl	Nr. 1	15° 10′	15° 0′
	- 2	14° 50′	
Harter Scheerstahl	Nr. 1	12° 0′	12° 17′
	- 2	12° 35′	

Von Guſsstahl stand dem fleiſsigen Experimentator nur ein einziges Stück zu Diensten; es war 9 Zoll lang und hielt $\frac{1}{4}$ Zoll in Kanten. Es wurde mit einem besonders geschmiedeten Eisenstabe von ebendenselben Dimensionen, erst im weichen, hernach im gehärteten Zustande verglichen und gab folgende Abweichungen:

Weiches Eisen	— Abweichung	16° 50′
Guſsstahl, weich	— - -	12° 40′
Guſsstahl, hart	— - -	8° 22′

Zieht man die Mittelzahlen aus diesen drei Tafeln zusammen und vergleicht sie mit den entsprechenden Abweichungen der jedesmal gebrauchten Eisenstange, nimmt man dabei an, daſs die Tangenten dieser Abweichungswinkel den ab-

lenkenden Kräften proportional seyen, und reducirt diese auf die des weichen Eisens als Einheit, so erhält man für die relative Stärke, mit welcher der Magnetismus der Erde sich in diesen Substanzen darstellt, folgende Angaben:

Metallsorte.	Abw.	Tang.	Verhältniſs-Zahlen.
Schmiedeeisen . .	15° 54′	0,2843	1,000
Guſseisen	17 48	0,1369	0,479
Gem. Stahl, weich .	10 50	0,1913	0,673
- - , hart .	8 37	0,1515	0,532
Schmiedeeisen . .	22 15	0,4091	1,000
Scheerstahl, weich .	15 0	0,2679	0,655
- , hart .	12 17	0,2177	0,530
Schmiedeeisen . .	16 50	0,3025	1,000
Guſsstahl, weich .	12 40	0,2247	0,743
- , hart . .	8 22	0,1470	0,486

In ganzen Zahlen ausgedrückt ergaben sich hieraus folgende genäherte Verhältnisse:

Schmiedeeisen	100	Guſseisen	48
Gem. Stahl, weich	67	Gem. Stahl, hart	53
Scheerstahl, weich	66	Scheerstahl, hart	53
Guſsstahl, weich	74	Guſsstahl, hart	49

Ueber die Kraft, mit welcher *Eisen* und *Stahl* überhaupt vom Magnete angezogen werden, äuſsert sich Musschenbroek [1] ganz bestimmt dahin, daſs das Eisen bei weitem kräftiger gezogen werde, als magnetisirter Stahl oder ein anderer natürlicher Magnet; er schreibt dieses wohl nicht mit Unrecht der abstoſsenden Wirkung zu, welche die in dem Magnete vorhandenen gleichnamigen Pole der Anziehung entgegensetzen. Ein Magnet, der einen andern nur mit einer Kraft von 180 Gran festhielt, zog ein kleineres Stück Eisen mit 720 Gran oder einer viermal gröſsern Kraft an; ein anderer, der im erstern Falle mit 340 Gran wirkte, zog das Eisen mit 1024 und 1312 Gran. Eben dieses bestätigen auch die später zu erwähnenden Versuche des Akademikers Antonio dalla Bella in

1 Diss. de Magnete. p. 48.

Lissabon, bei welchen zwei sphärische Magnete, von denen der eine etwa 200, der andere 14 ℔ Tragkraft besaſs, einander unbewaffnet im Maximum nur mit 2284 Granen anzogen, während der gröſsere einen kleinen eisernen Cylinder von 2700 Gran Gewicht mit einer Kraft anzog, die 5400 Granen gleich war. Noch verdiente hier die sonderbare Wahrnehmung Christie's erwähnt zu werden, zufolge welcher im *weichen Eisen* der Magnetismus mit der Temperatur zunimmt, während beim Stahle das Gegentheil statt findet.

8) Magnetische Figuren auf Eisen und Stahl.

Wenn man unter einem mit Eisenfeilicht bestreuten glatten Papiere oder einer Glastafel die Pole eines Magnets hält, so ordnen sich beim leisen Klopfen die Eisentheile in bestimmte Bogenlinien, welche die Richtung der von den Polen ausgehenden magnetischen Strömungen, so wie sich dieselben auf der Ebene des Papiers projiciren, darstellen und die man *magnetische Curven* nennt. Ihre genauere Betrachtung wird weiter unten ihre Stelle finden. Hier sind sie nur als eine der verschiedenen Gestaltungen anzuführen, die dieser Kraft eigenthümlich sind. Sie sind eine Folge der schnellen Magnetisirung, die in diesen kleinen Eisentheilen statt findet, vermöge welcher sie mit ihren freundschaftlichen Polen sich an einander hängen und so continuirliche Linien bilden. Eine Abänderung dieses Versuchs bildet das von Dr. Haldat in Nancy angegebene Verfahren[1], auf Stahlplatten künstliche Figuren mit Eisenstaub hervorzubringen, die dem sogenannten *Moiré métallique* der verzinnten Eisenbleche ähnlich sind. Gleichwie diese erzeugt werden, wenn man einen heiſsen Kolben auf der Rückseite des Blechs in jenen Umrissen herumführt, die nachher zum Vorschein kommen sollen, ebenso wird auf einem des Magnetismus fähigen Bleche ein Magnetstab herumgeführt, um bestimmte Stellen zu magnetisiren, während andere im natürlichen Zustande verbleiben, und so wie in jenem Falle die Figuren durch ein Aetzmittel sichtbar gemacht werden, das die nicht krystallisirten Zinntheile schnell

1 Ann. de Chim. et de Phys. XLII. 33.

auflöst, ohne die krystallisirten zu afficiren, ebenso wird auf diesem das aufgestreute Eisenfeilicht nur da festgehalten, wo durch die Berührung des Stabs ein permanenter Magnetismus erzeugt worden ist. Daſs eben deswegen Eisenplatten hierzu weniger tauglich seyen, ist aus der eben bemerkten Bedingung eines ausdauernden Magnetismus klar. Am besten eignen sich dazu die Stahlbleche, welche man zur Verfertigung von Küraſsen anwendet und die bereits in gehörigem Grade der Härte sich befinden. Sie sind gewöhnlich etwa einen halben Quadratfuſs groſs, bei $\frac{1}{2}$ bis 1 Lin. Dicke. Sie müssen wohl abgeschliffen und der Magnet ziemlich stark seyn. Wenn die Figuren gut und rein ausfallen sollen, muſs das Ende des Magnetstabes etwas abgerundet seyn, damit er sich desto besser an das Stahlblech anlege, ohne breite Züge zu machen. Besser ist es, die Figuren vorzuzeichnen, damit man mehr als einmal die Stelle bestreichen könne.

Entfernung des Magnets vom Stahlbleche durch einen Zwischenkörper macht die Figuren schwächer und undeutlicher, ohne sie jedoch ganz aufzuheben. Welcher Pol gebraucht werde, ist gleichgültig, da die Figuren weder in Zeichnung noch in der Strahlung der Eisentheile irgend eine Verschiedenheit zeigen; selbst das Ueberfahren einer bereits magnetisirten Stelle mit dem entgegengesetzten Pole hindert das Ansetzen des Eisenfeilichts keineswegs. Erschütterungen der Tafel, durch leichtes Anklopfen an dieselbe, sind der Bildung der Figuren günstig; doch muſs man sich in Acht nehmen, daſs man damit nicht regelmäſsige Schwingungen erzeuge, weil sonst Chladni'sche Klangfiguren entstehn könnten, welche die Zeichnung störend durchkreuzen würden.

Die zwischenliegenden nicht magnetisirten Stellen des Blechs bilden gleichsam die Armaturen der magnetischen, und so kann der auf diesem Wege in der Stahlplatte hervorgebrachte Magnetismus Monate lang halten. Er läſst sich keineswegs etwa durch Neutralisirung der bestrichenen Stellen durch Ueberfahren der Zeichnung mit dem entgegengesetzten Pole aufheben, sondern er weicht nur einer Erwärmung, die bis zum Dunkelrothglühn geht. Merkwürdig genug jedoch lassen sich die Figuren auch durch anhaltendes Schlagen der Platte mit einem kleinen hölzernen Hammer in wenigen Minuten zerstreuen und vertilgen, ein Umstand, der genauer ver-

Digitized by Google

folgt zu werden verdient, weil er uns auf die Anordnung der Molecülen als eine der wichtigsten Quellen der Magnetisirung hinzuweisen scheint.

IV. Magnetismus der Erde.

Die Wirkung, welche die magnetische Kraft der Erde auf das Eisen und die individuellen Magnete ausübt, ist nichts anders, als ein *Magnetismus durch Vertheilung*. Daſs die Erdkugel selbst magnetische Kraft besitze, ja daſs diese wohl die Quelle eines solchen Vermögens in den natürlichen und künstlichen Magneten sey, blieb den Alten unbekannt. Erst die im zwölften Jahrhunderte gemachte Entdeckung, daſs ein freischwebender Magnet eine bestimmte Richtung nach einer Weltgegend annehme, konnte die Möglichkeit einer solchen Vorstellung herbeiführen, und die Wahrnehmung, daſs jene Richtung so ziemlich nach Nord und Süd hinwies, wo die Pole der Erde liegen, führte zugleich darauf, die Enden des Magnets mit dem Namen von *Polen* zu bezeichnen, auch die Eigenthümlichkeit eines jeden derselben, die er sowohl durch seine Vorliebe für die eine oder andere der beiden Himmelsgegenden, als auch durch das später entdeckte Abstoſsungsvermögen bewies, durch das Wort *Polarität* zu unterscheiden; ein Begriff, welcher in der Folge auch zur Bezeichnung anderer Gegensätze von einigen Naturphilosophen nicht immer mit der gehörigen Klarheit gebraucht worden ist.

Nur durch Polarität und Atmosphärenwirkung, keineswegs aber durch sichtbare Anziehung giebt die Erdkugel ihren Einfluſs auf Eisen und magnetische Körper zu erkennen. Auf jeden Fall vermischt sich die letztere mit der allgemeinen Attraction, zu welcher sie vermuthlich in einem sehr geringen Verhältnisse steht, und obwohl es durch keine directe Versuche erforscht ist, ob das specifische Gewicht des Eisens in der Baffinsbay gröſser sey, als unter dem Aequator, so lassen doch die in neuerer Zeit so zahlreich mit Magnetnadeln angestellten Schwingungsversuche eine etwelche Verschiedenheit in der scheinbaren Schwere des Eisens voraussetzen. Daſs ein in einen Magnet verwandelter Stahlstab durch das Magnetisiren nichts an Gewicht gewinnen kann, ist daraus

Digitized by Google

begreiflich, weil die Wahl-Anziehung gegen die Erde, welche z. B. in Europa sein Südpol durch die Magnetisirung erwirbt, durch die zugleich eintretende Abstoſsung des Nordpols aufgehoben wird.

Ganz unzweideutig jedoch stellt sich der Magnetismus der Erde in drei bestimmten Wirkungen dar, deren jede für sich sein Daseyn beweisen würde: 1) in der wandernden Polarität aufrechter Eisenstangen; 2) in der bestimmten Richtung, welche er eine bewegliche Magnetnadel in verticaler sowohl als auch in horizontaler Beziehung anzunehmen nöthigt, und 3) in dem ungleichen Maſse der Spannung oder Anziehung, welche er auf Nadeln, die um einen Mittelpunct sich schwingen, ausübt. Von der ersten dieser Wirkungen ist im Artikel *Ablenkung der Magnetnadel* die Rede gewesen; daselbst wurde gezeigt, wie gemäſs der oben in Nr. 6. angeführten Erregung durch *Vertheilung* der Magnetismus der Erde die gebundenen Kräfte im Eisen trenne, so daſs in einer *schräg gehaltenen* Eisenstange das obere Ende jederzeit südpolarisch, das untere nordpolarisch sey, daſs dieser Magnetismus weder durch Schlagen noch durch Streichen hervorgebracht werde und nicht dem Eisen selbst, sondern nur seiner Lage angehöre; daſs jedoch mehr oder weniger hartes Eisen, wenn es sehr lange in unveränderter Stellung bleibe, zuletzt diesen Magnetismus einigermaſsen als eigenthümlich oder bleibend in sich aufnehme, ein Umstand, der das Magnetischwerden der am Eingange erwähnten Thurmkreuze u. dgl. erklärt. Ebendaselbst wurde auch die für die Schifffahrt nicht unwichtige Störung, welche die von diesem wandernden Magnetismus ergriffenen Eisenmassen der Schiffe auf die Compasse ausüben, angeführt und die einfache Methode erwähnt, durch welche Barlow jenen störenden Einfluſs zu neutralisiren gewuſst hat.

Die zweite Enthüllung des Erdmagnetismus, die in seiner *Richtkraft der Magnetnadel* sich darlegt, wurde in Beziehung auf die horizontale Direction derselben im Artikel *Abweichung der Magnetnadel* weitläufiger besprochen und fand auch in Beziehung auf die verticale Stellung der Nadel beim Art. *Inklinatorium* eine etwelche Erwähnung. Es ergab sich, daſs die Richtung der Magnetnadel nicht gerade auf die Pole der Erde, sondern auf bestimmte Stellen in der Nähe der-

Digitized by Google

selben hinziele, daſs sie an verschiedenen Orten verschieden und nach Jahren, Tagen und Stunden veränderlich sey. Die Beobachtungen nöthigen zu der Annahme, daſs es auf jeder Erdhälfte zwei Stellen in den Eismeeren der Polarzone gebe, die man als *Convergenzpuncte jener Richtungen*, als *magnetische Pole* der Erde annehmen müsse, und daſs diese Pole in den zwei letzten Jahrhunderten ihre Lage auf der Erde *geändert* haben, indem die beiden nördlichen sich um mehrere Grade nach Osten, die auf der Südhälfte westwärts bewegten[1]. Durch diese Puncte werde die Nadel sollicitirt, so daſs sie, je nach ihrer Lage und Entfernung von denselben, bald mehr auf den einen oder den andern gerichtet sey, bald eine Richtung annehme, die zwischen beide fällt. Der erste dieser Puncte befand sich nach Hansteen im Jahre 1800 in 20° Abstand vom Nordpol der Erde und 93½ Gr. westlicher Länge von Greenwich im Westen von der Baffinsbay und dürfte gegenwärtig (J. 1831) sich dem Eingange der Repulsebay nähern. Neuere Bestimmungen setzen ihn um zwei Grade nördlicher und 10 Grade westlicher. Der zweite war um 4 Gr. vom Nordpol abstehend in 130° östlicher Länge von Greenwich, etwa im Meridiane der Mündung der *Lena*. Die zwei südlichen Convergenzpuncte befanden sich, der eine auf 20, der andere auf 12 Gr. Entfernung vom Südpol der Erde, in 134° östlicher und 130° westlicher Länge; der erstere im Süden der Ostküste Neuhollands, etwa 25 Grade von Van Diemens Land entfernt, der letztere im Westen vom Cap Horn, auf einem Meridiane, der so ziemlich in die Mitte zwischen America und Neuseeland fällt. Während die beiden nördlichen Magnetpuncte in Beziehung auf den Erdpol einander so ziemlich gegenüberstehn, bilden die Meridiane der letztern am Südpole sehr nahe einen rechten Winkel, so daſs ihre Vertheilung um die Erdpole nichts Regelmäſsiges darbietet. Sie sind auch in Absicht auf ihre wirkende Kraft und die Schnelligkeit ihrer jährlichen Fortbewegung wesentlich ungleich. Nur daſs diese bei den nördlichen ostwärts, bei den südlichen nach Westen geht, und daſs sie alle in ewigem Eise begraben liegen, das ist der ein-

1 Daſs diese Bewegung nach Osten wenigstens für den Pol im Norden von Sibirien nicht statt finde, zeigt Kupffer in Poggend. Ann. X. p. 556.

Digitized by Google

zige Punct ihrer Uebereinstimmung. Ob es bei so bewandten Umständen und bei unserer groſsen Unwissenheit über die Natur und die Eigenschaften des magnetischen Fluidums wohlgethan und die Wissenschaft fördernd sey, jene vier Puncte unter sich, sey es durch Axen oder durch die Annahme von beweglichen Magneten im Innern der Erde in Verbindung zu bringen, wie man früher etwa der mathematischen Entwickelung wegen thun zu müssen glaubte, darüber scheint in neuerer Zeit die Meinung der Physiker eine entgegengesetzte Richtung genommen zu haben.

Gegen die Mitte des vorigen Jahrhunderts hatte man die Frage aufgestellt, ob eine Magnetnadel von beiden Erdpolen in gleichem Maſse sollicitirt werde, oder ob nicht etwa der Nordpol eine stärkere Anziehungskraft auf sie ausübe. In Europa konnte die Sache nicht entschieden werden, und Bouguer[1] benutzte daher seinen Aufenthalt in Quito, um hierüber ins Klare zu kommen. Er verschaffte sich eine Nadel von Messing, die auf einer Spitze balancirt war, und deren eines Ende ebenfalls eine Spitze trug, um eine Compaſsnadel aufzunehmen. Offenbar muſste, wenn der nördliche Pol eine gröſsere Anziehungskraft ausübte, der ganze Apparat sich so drehen, daſs die Compaſsnadel der Nordseite am nächsten war. Allein nur diese setzte sich in den Meridian und die messingene Nadel blieb in jeder Lage stehn. Der Versuch wurde zwanzig- und dreiſsigmal wiederholt, und daſs nicht etwa die Reibung an dieser Unbeweglichkeit der messingenen Nadel Theil gehabt hatte, ergab sich daraus, daſs sie sich sogleich in den Meridian stellte, wenn die kleine Nadel auf sie festgebunden wurde. Drei Versuche, die Bouguer in verschiedenen Entfernungen vom Aequator, den letzten in dem Flecken la Porchera am Ausflusse des Magdalenenstromes, mit diesem Apparate anstellte, zeigten, daſs auch bei der Annäherung zum einen Pole kein Uebergewicht der Anziehung statt fand. Auch in Frankreich erhielt er nach seiner Rückkehr das nämliche Resultat. Noch entscheidender war folgender Versuch. Durch Verbindung mehrerer Haare hatte er sich ein Pendel verschafft, das fünf bis sechs Fuſs lang war und dessen Fuſspunct er sich genau bemerkt hatte. Vertauschte er

1 Figure de la terre. 1749. 4. Vorrede S. 75.

nun das Loth mit einer Magnetnadel, so muſste, wenn jene Vermuthung Grund gehabt hätte, das Pendel nach Norden abgelenkt werden. Allein es zeigte sich auch nicht eine Spur von Abweichung, obgleich Bouguer einen Winkel von 5 Sec., der eine Kraft von dem 40000sten Theile des Gewichts der Nadel verrathen hätte, mit Bestimmtheit unterscheiden konnte. Seine Erklärung dieser Erscheinung, die offenbar darauf beruht, daſs der Erdpol auf der nördlichen Halbkugel den einen Pol der Nadel mit eben der Kraft zurückstöſst, als er den andern anzieht, ist sehr gezwungen und unklar und trägt das Gepräge der damaligen Begriffe über die Natur des magnetischen Fluidums.

Die Beobachtung zeigt, daſs eine vollkommen äquilibrirte Nadel nach dem Magnetisiren ihr Gleichgewicht verliere, daſs auf der Nordhälfte der Erde ihr Nordpol, auf der südlichen ihr Südpol niederwärts gezogen, der andere Pol aber aufwärts getrieben werde. Wird die Nadel so eingerichtet, daſs ihre Senkung nicht von irgend einer statischen Ueberwucht afficirt wird, sondern einzig den sollicitirenden Kräften des Magnetismus zu folgen hat, so wird sie, wenn ihre Längenaxe in das Azimuth einer Abweichungsnadel gestellt ist, eine bestimmte, constante Neigung annehmen, die hauptsächlich mit der geographischen Breite sich zu ändern scheint. In der Nähe des Aequators liegt die Nadel horizontal, mit der Annäherung zum Nordpol senkt sich in zunehmendem Maſse ihr nördliches Ende, bis sie in der Nähe des magnetischen Nordpols eine ganz senkrechte Lage annimmt. Das Nämliche findet in Beziehung auf den Südpol der Nadel auf der südlichen Hälfte des Erdballs statt. Daſs hierbei eine Wirkung der *Polarität* eintrete, ist daraus klar, daſs eine unmagnetische eiserne Nadel durch den Magnetismus der Erde keineswegs in jene Neigung gebracht wird, so wenig als die unmagnetische horizontale Nadel sich in die gehörige Abweichung stellt. Es ist also hier nicht nur Anziehung, sondern auch Abstoſsung im Spiele, und die Inklinationsnadel wird nicht nur von den Kräften der einen Erdhälfte regirt, sondern auch die der andern helfen wenigstens bis auf eine bedeutende Entfernung vom Aequator ihre Lage bestimmen. Da die Inklinationsnadel beim Versuche absichtlich in die Richtung des magnetischen Meridians gebracht, durch magnetische Kraft aber in bestimmtem

Digitized by Google

Maſse gesenkt wird, mithin nach zwei auf einander senkrechten Ebenen bestimmt ist, so darf man annehmen, daſs sie die wirkliche Richtung darstelle, welche das magnetische Fluidum auf der Oberfläche der Erde an jedem Orte annimmt.

Die dritte Wirkung des Erdmagnetismus äuſsert sich in der Anziehungskraft, welche der Erdkörper in verschiedenen Stellen auf Nadeln ausübt, die um eine Axe schwingen, und in der verschiedenen Geschwindigkeit dieser Schwingungen. So wie die Kraft der Schwere einen an einem Faden aufgehängten Körper immer nach der senkrechten Richtung hinzieht, dergestalt, daſs, wenn er aus derselben seitwärts abgezogen wird, er mit beschleunigter Bewegung zurückeilt und über die Verticallinie hinausgeworfen eine hin- und hergehende Bewegung (Oscillation) annimmt, ebenso wirkt die magnetische Kraft der Erde auf bewegliche Nadeln, die aus der Richtung des magnetischen Stroms durch irgend eine äuſsere Einwirkung abgelenkt worden sind. Aus der Lehre vom Pendel ist bekannt, daſs die anziehenden Kräfte an zwei verschiedenen Orten der Erde sich zu einander verhalten, wie die Quadrate der Schwingungszeiten eines und desselben Pendels; auf gleiche Weise wird auch die Inklinationsnadel je nach der Stärke des magnetischen Zugs in der Ebene des magnetischen Meridians hin und her schwingen, bis sie in der Richtung ihrer Neigung zur Ruhe kommt, und sie wird um so schneller schwingen oder die nämliche Zahl von Schwingungen in um so kürzerer Zeit vollenden, je kräftiger jene Anziehung ist. Läſst man demnach eine und dieselbe Neigungsnadel an verschiedenen Orten der Erde schwingen, so stellen die Quadrate der Schwingungszeiten das Verhältniſs der magnetischen Intensität für dieselben dar. Den Beobachtungen zufolge ist dieselbe vom Aequator bis zu den Polen zunehmend, jedoch unter diesen höchstens doppelt so groſs als unter jenem. Statt der Neigungsnadel kann man auch in den meisten Gegenden der Erde die Abweichungsnadel zu diesen Versuchen anwenden, indem es einerlei ist, ob die Ablenkungen vom magnetischen Strome in verticaler Ebene oder in einer darauf senkrechten statt finden, sofern sie nur in einer Ebene vor sich gehn, welche die magnetische Neigung durchschneidet. Ist jedoch dieses nicht der Fall, indem bei der Abweichungsnadel die Ebene der Schwingungen meist

Digitized by Google

horizontal iſt, ſo wird die Nadel SN nur von einem Theile der magnetiſchen Kraft CB afficirt und die Schwingungszeit der horizontalen Nadel muſs in dem Maſse vergröſsert werden, als die Linie CB gröſser iſt, als CN. Das Verhältniſs dieſer Linien hängt offenbar von der Gröſse des Winkels i ab, welcher die magnetiſche Neigung vorſtellt, und man hat Fig. 116.

$$CN : CB = \text{Cos. } i : 1.$$

Wird alſo die an einer horizontalen Magnetnadel beobachtete Schwingungszeit durch den Coſinus der magnetiſchen Neigung des Orts dividirt, ſo erhält man diejenige Zahl von Schwingungen, welche eben dieſe Nadel gezeigt haben würde, wenn man ſie in einer Ebene hätte ſchwingen laſſen, in welcher die Neigungslinie ſelbſt liegt. Die Phyſiker, welche die Inſtruction zu La Perouse's Reiſe entwarfen, ſcheinen die erſten zu ſeyn, welche dieſe Art, den Erdmagnetismus zu unterſuchen, ins Leben riefen, und Lamanon ſoll auf jener Reiſe eine groſse Menge ſolcher Beobachtungen gemacht haben, deren Verluſt einen nicht unwichtigen Theil der groſsen Einbuſsen ausmacht, die mit dem Untergange jener durch ihre Ausrüſtung und die Trefflichkeit ihres Führers ſo ausgezeichneten Expedition verbunden waren. Die erſte ausgedehnte Reihe magnetiſcher Oſcillationen verdanken wir der die Phyſik unſers Erdballs in allen Beziehungen ſo ſehr erweiternden Reiſe Alex. von Humboldt's, die neueſten Expeditionen der Engländer und Franzoſen haben dazu reiche Beiträge aus den intereſſanteſten Stationen aller Erdtheile geliefert; in conſequenter Forſchung durchſchiffte Sabine einen Erdquadranten vom Aequator bis zum Nordende von Spitzbergen für eben dieſen Zweck, und der unermüdliche Forſcher, deſſen Name für alle Zeiten an die Lehre vom Magnetismus geknüpft ſeyn wird, Hansteen, hat durch eigene Reiſen und diejenigen ſeiner Freunde eine groſse Zahl ſolcher Intenſitätsbeſtimmungen zuſammengebracht, welchen die magnetiſche Unveränderlichkeit des dazu gebrauchten Werkzeugs (des berühmten *Dollond'ſchen Cylinders*) einen beſondern Werth verliehn hat.

V. Elektromagnetismus.

Wir haben bisher den Magnetismus als ein Inhärens dreier verſchiedener Körper betrachtet, je nachdem er in dem Ma-

gnetsteine oder dem harten Stahle oder als Erdmagnetismus hervortrat. Die neuere, an überraschenden Entdeckungen so reiche Zeit hat uns noch ebensoviele andere Erregungsformen der magnetischen Kraft aufgestellt, die wir, so lange sie nicht durch vollgültige Beweise auf eine gemeinschaftliche Ursache zurückgeführt worden sind, unter ihren besondern Namen aufführen müssen. Es sind dieses der *Elektromagnetismus*, der *Thermomagnetismus* und der *Rotationsmagnetismus*. Ob zu diesen noch ein *Photomagnetismus*, *Chemomagnetismus* hinzukommen müsse, bleibt entscheidendern Untersuchungen anheimgestellt.

Durch die uns zu Gebote stehenden Erregungsmittel der Elektricität, die Reibung der Nichtleiter mit mehr oder weniger vollkommenen Leitern und durch die Einwirkung zweier verschiedener Leiter in Verbindung mit Feuchtigkeit, wird das elektrische Fluidum in seinen beiden Polaritäten zersetzt, die, vom Centrum der Entstehung aus einander fliehend, an den äuſsersten Grenzen des leitenden Körpers sich anhäufen und von dort aus durch einen äuſsern Weg sich mit Heftigkeit wieder zu verbinden streben. Gelingt ihnen dieses, so tritt augenblicklich der Zustand des Gleichgewichts ein, und es bedarf einer neuen Erregung, um das nämliche Bestreben wieder hervorzurufen, das, wenn die Leiter nicht zur unmittelbaren Berührung gebracht werden können, durch Ueberspringen die Vereinigung bewirkt und dabei je nach der Anhäufung der Elektricität und der Gröſse des Apparats von den zerstörendsten Wirkungen begleitet ist. Werden die Leiter (*Conductores*) durch einen Zwischenleiter in continuirliche Verbindung gebracht, so vermag die den letztern durchströmende Elektricität durch bloſse Atmosphärenwirkung Erscheinungen hervorzubringen, die ganz ins Gebiet der magnetischen gehören. Hierzu eignet sich ganz vorzüglich wegen ihrer fortgehenden Elektricitätserregung die Volta'sche Säule, und schwerlich hätte ohne den unvergleichlichen Apparat, mit welchem Volta das entstehende Jahrhundert beschenkte, zwanzig Jahre später der Däne Oersted den längst gesuchten, gehofften und bestrittenen Zusammenhang der Elektricität mit dem Magnetismus gefunden. Das Wesentliche dieser Erscheinung und ihre Verfolgung in alle bisher beobachtete Eigenthümlichkeiten ist im Art. *Elektromagnetismus* (Bd. III. S. 473

Digitized by Google

bis 647.) ausführlich dargestellt worden. Hier genügt es, auf den einfachen Fundamental-Versuch und die daselbst unter den Rubriken A, B, C, D, E in möglichster Vollständigkeit durchgeführten Erscheinungsformen desselben aufmerksam zu machen. Der Hauptversuch A besteht in Folgendem [1]. Wird der Verbindungsdraht eines Elektromotors (durch Ampère neuerdings *Rheophor*, von *ῥέω* ich flieſse und *φέρω* ich trage, der Träger des elektrischen Stroms, genannnt) im magnetischen Meridiane dergestalt ausgespannt, daſs der elektrische Strom vom Kupfer ausgehend von Norden nach Süden strömt, so zeigt eine in die Nähe dieses Drahtes gehaltene Magnetnadel während der Schlieſsung der elektrischen Kette folgende Richtungen: a) befindet sich die horizontale Compaſsnadel gerade Fig.
unter dem Drahte, so weicht ihre Nordspitze nach Westen 117.
ab; b) ist sie über demselben, so geht sie um ebensoviel nach Osten hin; c) bringt man eine horizontalliegende Neigungsnadel auf die Westseite des Drahts, so senkt ihre Nordspitze sich niederwärts; d) bringt man sie auf die Ostseite desselben, so wird jene aufwärts gehoben. Der Anblick der Figur N, welche den Querschnitt des Drahtes darstellt, zeigt offenbar, daſs diese vier Erscheinungen nur die Projectionen einer Kreisbewegung sind, welche die Nordspitze der Magnetnadel um den horizontal ausgespannten Draht zu führen strebt. Wird die Richtung des elektrischen Stroms umgekehrt, so daſs der vom Kupfer ausgehende Strom von Süden nach Norden gehn muſs, so sind die Abweichungen der Magnetnadel zwar gleich stark, aber von entgegengesetzter Benennung; östlich wird westlich und umgekehrt. Erhält der Schlieſsungsdraht eine verticale Richtung, so zeigt auch in dieser Lage die Nadel die Tendenz, sich um den Draht herumzubewegen. Liegt er schräg, so ist seine Wirkung auf die Magnetnadel dem Neigungswinkel proportional und stets ist seine Anziehung oder Abstoſsung der Pole der Nadel auf seine Axe rechtwinklig und steht im umgekehrten Verhältnisse ihrer Abstände vom Drahte. Diese Kraft hat sich mit den bisherigen Apparaten nach Seebeck bis auf 10 Fuſs spürbar gezeigt.

Eine zweite Wirkung des Elektromagnetismus besteht in

---

1 Wir folgen hier Muncke's Darstellung, welcher die verwirrenden Ausdrücke von *Links* und *Rechts* zweckmäſsig vermieden hat.

der Kraft, mit welcher (B) der Schlieſsungsdraht Eiſenfeilicht anzieht und Stahlnadeln bleibenden Magnetismus ertheilt. Der erstere Versuch erfordert etwas stärkere Elektromotoren und wird vorzüglich sichtbar, wenn der Schlieſsungsdraht eine in horizontaler Ebene liegende Spirale bildet, deren Gänge etwa 0,5 Zoll von einander abstehn. Das Eisenfeilicht drängt sich vornehmlich nach der Mitte der Spirale und häuft sich daselbst so an, daſs es aufrechtstehende Fasern von ½ Zoll Höhe bildet, die eine wahre Axe der Spirale vorstellen. Auf eine Glastafel gestreut, die über die Spirale gelegt wird, ordnet es sich zu einem schönen Sterne, dessen Strahlen, vom Centrum der Spirale ausgehend, ihre Windungen rechtwinklig durchschneiden.

Die Magnetisirung der Stahlnadeln gelingt vorzüglich gut, wenn diese quer über oder unter den geraden Schlieſsungsdraht gelegt sind. Auch das Streichen ihrer Enden auf demselben in senkrechter Richtung macht sie magnetisch, und zwar wird dasjenige Ende südpolarisch, das in derjenigen Richtung um den Draht geführt wird, in welcher der Nordpol der Magnetnadel ihn umkreist. Die Wirkung wird jedoch noch vollständiger, wenn man den Schlieſsungsdraht selbst in eine cylindrische Spirale umbiegt, in welche das Stahlstäbchen gelegt wird. Man erhält hierdurch nicht nur den Vortheil der senkrechten Ausströmung des Leiters auf den Stahl, sondern auch eine häufige *Wiederholung* des Schlieſsungskreises und seiner Kraft, wie dieses schon in den oben erwähnten platten Spiralen und am schönsten in Schweigger's *Multiplicator* sich bewährt hat. Ist die Spirale rechts gewunden, d. h. so wie die Gänge der gewöhnlichen Schrauben laufen, so wird die in den Cylinder gelegte Stahlnadel an dem Ende, welcher dem Anfange des elektrischen Stroms näher liegt, *nordpolarisch*, ihr anderes Ende behält den Südpol, und beides findet in umgekehrter Ordnung statt, wenn die Spirale links gewunden ist. Die Kraft, mit welcher die E den gewundenen Leiter durchströmt, ist so bedeutend, daſs die Magnetisirung nicht nur in der Luft, sondern auch im Wasser, im Eise und selbst dann vor sich ging, wenn die Nadel in einem gläsernen Cylinder sich befand, um welchen der Schlieſsungsdraht gewunden worden, also durch eine nicht ganz dünne Glaswand von jenem geschieden war. In einem

Digitized by Google

mit Kupferdraht umwundenen messingenen Cylinder war die Wirkung noch stärker, nur eine blecherne, d. h. eiserne Röhre hob dieselben auf[1]. Hierher gehören auch die bei der Aufzählung künstlicher Magnete erwähnten merkwürdigen Erregungen eines sehr starken Magnetismus nach den Versuchen von Sturgeon, Pfaff, Moll und Henry, bei welchen besonders die Wirksamkeit der durch einen Nichtleiter vom Eisen geschiedenen Drahtwindungen in auffallendem Maſse sich bewährte.

Läſst man die eine Stahlnadel umgebenden, cylindrischen Spiralen in der Richtung ihrer Windungen abwechseln, so kann man dadurch auf der nämlichen Nadel mehrere abwechselnde Pole hervorrufen. Legt man hingegen die Nadel auf eine ebene (Archimedische) Spirale so, daſs sie ein Diameter derselben wird, so erhält sie an den Enden zwei gleiche, in der Mitte den entgegengesetzten Pol; reicht sie von der äuſsersten Windung bis zum Mittel, so erhält sie an den Enden die zwei entgegengesetzten Pole. Bei allen diesen Versuchen ist auf gute Isolirung der Kupfer-, Messing- oder Eisendrähte besonders zu sehn, die entweder durch Glaswände, freie und gleiche Zwischenräume der Luft, oder durch gutes Ueberspinnen der Drähte mit Seide erreicht wird. Statt der Seide kann man sich, zumal bei langen Drahtwindungen, der Seidenbänder, der Streifen von Wachstaffent und überhaupt des gut gewichsten gewöhnlichen Haubendrahtes bedienen.

Bemerkenswerth ist bei den bisher angeführten Versuchen das verschiedene Verhalten derjenigen Elektricität, welche von unsern gewöhnlichen Maschinen durch *Reibung* abgeleitet wird. Während ein einziger elektrischer Schlag hinreicht, mit Hülfe der erwähnten Drahtwindungen eine Nadel magnetisch zu machen, so schien es hingegen eine Zeit lang nicht gelingen zu wollen, durch Ueberströmen von Funken den elektrischen Leiter zum Anziehn von Eisenfeilicht kräftig zu machen, und selbst mit sehr starken Entwickelungen der Schei-

1 Nach Savary hebt ein dicker Kupfercylinder die Magnetisirung auf, ein *dünner* thut ihr keinen Eintrag, eine gewisse Dicke der Metallhülle scheint die Wirkung zu erhöhen.

Digitized by Google

benelektricität mochte kaum eine Ablenkung der Compaſsnadel von wenigen Graden erreicht werden. Mit einigem Grunde schrieb man dieses der groſsen elektrischen Spannung zu, die bei den Reibungsapparaten, wie bei den sehr vervielfachten Volta'schen Batterieen statt findet, wo gerade die Heftigkeit des Impulses am untauglichsten ist, die Trägheit eines mechanischen Moments zu überwinden. Seither haben jedoch die wohlgeleiteten Versuche des Dr. Colladon[1] es auſser Zweifel gesetzt, daſs nicht nur die *Reibungselektricität* bei gehöriger Verstärkung bedeutende Ablenkungen der Magnetnadel hervorbringe, sondern daſs selbst auch diejenige Elektricität, welche die Natur bei Gewittern entwickelt, das nämliche vermöge. Colladon bediente sich hierzu eines Galvanometers mit zwei Magnetnadeln nach der Angabe von Nobili[2], das 100 Drahtwindungen trug, und einer Batterie von 30 Flaschen, die 4000 Quadratzoll (28 Quadratfuſs) Oberfläche hatte; das Galvanometer befand sich in einem besondern Zimmer und erhielt seine Zuleitung mittelst Drähte, die stark mit Seide übersponnen und an seidenen Fäden aufgehängt waren; an jedes ihrer Enden waren sehr feine Spitzen angelöthet, um die Elektricität aus den Schluſsknöpfen der Batterie auszuziehn. Diese wurde abwechselnd mit positiver und negativer Elektricität geladen und jedesmal erfolgte regelmäſsig eine bald östliche, bald westliche Ablenkung der Nadel bis auf etwa 20 bis 30°, auch 40°, wenn man die Drahtspitze einem Flaschenknopfe bis auf 1½ oder 2 Zoll näherte. Eben dieses fand statt, wenn man die Drähte verwechselte. Mit einer bloſsen Elektrisirmaschine, einer Scheibenmaschine von 6 Fuſs Durchmesser und einer cylindrischen von Nairne erhielt man nur 3 bis 4 Grad Ablenkung. Als Colladon jedoch später einen Galvanometer von 500 Windungen anwandte, erhielt er Resultate, die das Zehnfache der vorigen waren. Indem der eine Draht mit dem Reibkissen verbunden und die Spitze des andern dem Conductor in verschiedenen Entfernungen entgegengehalten wurde, ergaben sich folgende Ablenkungen:

---

1 Ann. de Chim. et de Phys. XXXIII. 62. Poggend. Ann. VIII. 336.

2 Bibl. Univ. T. XXIX. 19.

Digitized by Google

Abstände	Ablenkung	Abstände	Ablenkung
0,1 Meter	18°	0,1 Meter	18°
0,2 -	10	0,05 -	19½
0,4 -	5½	0,025 -	20
0,8 -	3	0,01 -	20
1,0 -	2		

Die Ablenkung war also bei 1 Meter Abstand noch bemerkbar. Für kleinere Abstände gab die Cylindermaschine regelmäſsigere Abweichungen, mit drei Umdrehungen derselben in 1 Sec. erhielt man 36° Ablenkung. Die groſse Batterie von 4000 Zoll brachte die Ablenkung zum Maximum, bei vergröſsertem Abstande der Drahtspitze konnte man 65 Secunden lang eine constante Ablenkung von 30° erhalten. Eine einzige Leidner Flasche von 2½ Quadratfuſs Oberfläche zog die Nadel um 32° ab.

Um die Wirkung der *atmosphärischen Elektricität* zu prüfen, wurde der eine Leitungsdraht des Galvanometers mit dem Ende einer Blitzableitung von 28 Fuſs Höhe, der andere mit der Erde verbunden. Mit dem Galvanometer von 100 Windungen erhielt man während eines Gewitters Ablenkungen von 5, 12 und 20°. Mit demjenigen von 500 W. gingen sie bei einer andern Gelegenheit, ohne daſs es blitzte, nur beim Vorüberfliegen von drei Regenwolken mit heftigem Westwinde bis auf 50 und 60° und bei einem Gewitter bis auf 87°. In allen diesen Fällen war, wie auch sonst schon bemerkt worden ist, die Elektricität häufig wechselnd, bald positiv, bald negativ.

Hatte man einmal sich überzeugt, daſs der Magnet wirklich eine Kreisbewegung um den Schlieſsungsdraht des elektrischen Stromes vollführe, so lag der Gedanke nicht fern, zu versuchen, ob auch das *Umgekehrte* statt finde, nämlich ob (C) *der Leitungsdraht durch den Gegeneinfluſs des Magnetismus zu einer Bewegung um den Magnet veranlaſst werden könne.* Der Erfolg entsprach der Vermuthung, und die Schwierigkeit, die ungehinderte leichte Kreisbewegung des Schlieſsungsdrahts mit einer vollständigen Continuität der Leitung zu vereinigen, wurde von den Physikern durch kleine kreisrunde, mit Quecksilber gefüllte Canäle beseitigt, in welche die amalgamirten Spitzen jenes Drahts sich einsenkten. Verschiedene Apparate, unter welchen die von Faraday die ein-

Digitized by Google

fachsten und klarsten seyn dürften, setzen die Thatsache auſser Zweifel und gewähren eine Reihe von Versuchen, die für den Laien auffallend und unterhaltend, für den Physiker als leitende Erscheinungen für die künftige Erforschung dieser räthselhaften Elemente im höchsten Grade merkwürdig sind. Von besonderer Wichtigkeit sind in dieser Beziehung auch die von H. Davy versuchten Darstellungen dieser Kreisbewegung in flüssigen Leitern, als Quecksilber, Wasser und der elektrischen Kohlenflamme, um so mehr, da auch die Natur uns in den *Tromben* eine ähnliche Rotation als Folge eines condensirten elektrischen Stroms darzustellen scheint.

Wenn der freibewegliche Schlieſsungsdraht durch den Einfluſs der künstlichen Magnete in gewisse Lagen und Bewegungen gebracht wird, so muſs er auch (D) durch die Herrschaft des *Erdmagnetismus* zu bestimmten Richtungen genöthigt werden. Ampère war der erste, der einen durch Spiralwindungen in seiner Wirkung verstärkten Schlieſsungsdraht als bipolaren Magnet darstellte. Die verschiedenen Formen, unter welchen La Rive die gegenseitigen Einwirkungen von Elektricität und Magnetismus anschaulich machte, am meisten aber Raschig's *elektromagnetischer Compaſs* setzen die Einwirkung des tellurischen Magnetismus auſser Zweifel. Bildet z. B. der Schlieſsungsdraht einen einzigen, verticalschwebenden, freibeweglichen Ring oder auch ein Viereck, so wird er, durch eine Glasglocke vor dem Luftzuge gesichert, nach einiger Zeit eine Richtung annehmen, daſs seine Verticalebene durch den magnetischen Ost- und Westpunct geht; noch entschiedener ist der Erfolg, wenn der Draht aus vielen parallelen cylindrischen Spiralwindungen besteht, deren Axe horizontal ist; diese wird sich in den magnetischen Meridian stellen und ein solches Instrument könnte einigermaſsen die Stelle einer Magnetnadel vertreten.

Ist einmal dieses anerkannt und angenommen, daſs den Schlieſsungsdrahte des elektrischen Stroms die beiden Hauptattribute des Magnetismus, Anziehung des Eisens (nach B) und Polarität (nach D) zukommen, so ist es auch unschwer auf den Schluſs zu gerathen (E), daſs *zwei solcher Drähte auf einander nach Art der Magnete einwirken.* Nicht nur wird, wie die Versuche zeigen, der oben angeführte Stellvertreter einer Magnetnadel, der in eine cylindrische Spirale ge

wundene Kupferdraht, am *geradlinigen* Schlieſsungsdrahte östlich und westlich abgelenkt, sondern auch zwei gleiche *Vicemagnete* solcher Art äuſsern auf einander die nämlichen *Anziehungen* und *Abstoſsungen*, wie rechte Magnetnadeln, ja sogar bei stärkerer Wirkung des einen und groſser Beweglichkeit des andern Schlieſsungsdrahtes läſst sich auch die *Rotation* des letztern zuwege bringen.

Wir haben oben, als von den verschiedenen künstlichen Magneten die Rede war, der auſserordentlichen Wirksamkeit gedacht, mit welcher ein geringes Volta'sches Element mit Hülfe des Schweigger'schen Multiplicators bedeutende magnetische Kraft zuwege bringt. Es wird hier der Ort seyn, das Geschichtliche dieser merkwürdigen Entdeckung noch weiter mitzutheilen, um so mehr, da, so viele Physiker sich auch mit diesem Gegenstande beschäftigt haben, die wesentlichen Bedingungen dieser magnetischen Entwickelung und das sicherste Verfahren bei derselben noch keineswegs so erschöpft oder auſser allen Widerspruch festgesetzt sind, daſs man sich getrauen dürfte, eine genügende Theorie dieser auffallenden Erscheinung aufzustellen. Wenn auch die neuesten Versuche der europäischen Physiker durch ihre Mannigfaltigkeit und Genauigkeit in der letzten Zeit dazu mehr Beiträge geliefert haben, als diejenigen des neuen Continents, so bleibt doch diesen der Ruhm, die gröſsten und überraschendsten Experimente in diesem neuen Gebiete gemacht zu haben.

Prof. Henry's überraschende Versuche munterten bald auch andere Physiker zur Nachahmung auf. Prof. J. W. Webster an der Harvard-Universität und Dr. Hare an der von Pensylvania erhielten nicht minder auffallende Proben von der ungemeinen Wirksamkeit des Multiplicationssystems durch Drahtumwindungen[1]. Der erstere bemerkte besonders die *lange Dauer* der magnetischen Erregung, indem sein Eisenmagnet ein Gewicht von 112 Pfd. noch 21 Stunden lang zu tragen fortfuhr, als die Metallplatten von der Säure entfernt und vollkommen trocken geworden waren. Statt der kostspieligen Umspinnung der Drähte mit Seidenfaden räth er an, sie mit Siegellackfirniſs zu überziehn. Hare befolgte eben diese Methode und machte einige Versuche über die Art des Auf-

1 Silliman's Americ. Journ. XX. 1. p. 143.

wickelns der Drähte, indem er das nämliche Drahtstück von 15 F. Länge zur Hälfte erst links, dann wieder rechts aufwand. Die Anfangsstücke aller Windungen löthete er an einen starken Bleidraht zusammen, und eben so ihre Endstücke. Er fand jedoch in der Wirkung keinen Unterschied, nach welcher Richtung die Drähte aufgewunden seyn mochten. Ebenso wenig schien die Menge der Windungsstellen einen Einfluſs zu haben. Sein Magnet war erst mit 4 Windungen, zwei an jedem Schenkel, versehn; als er ihm hierauf 6 und 8 Windungen gab, bemerkte er nicht nur keinen verhältniſsmäſsigen, sondern überhaupt keinen Zuwachs.

Statt des Drahts kann man nach Hare den Magnet auch mit Streifen von Zinnfolie, die durch Papier getrennt sind, umwickeln. Er behauptet, daſs ein Zinnstreif von 17 Fuſs Länge und einem halben Zoll Breite wirksamer sey, als 80 F. umsponnenen Drahtes.

Mit vier Drahtwindungen hielt ein eiserner Magnet von ¼ Zoll Durchmesser und 20 Zollen Länge etwa 90 Pfd. Dagegen trug ein kürzerer Magnet von 1 Fuſs Länge von der nämlichen Stange und mit denselben Windungen 112 Pf.

Sehr wirksam zeigen sich diese temporären Magnete zur Magnetisirung der stählernen. Einer der letztern, der anfangs nur ¾ Pfd. trug, hob, nachdem er nur zweimal mit dem magnetischen Eisen auf gewöhnliche Weise bestrichen worden war, 4 Pfd.

Hare brachte den Träger eines Eisenmagnets, der 56 Pfd. trug, und dessen Drähte durch eine Batterie von 1 Quadratfuſs erregt wurden, mit dem einen Pole seines groſsen Calorimotors von 50 Quadratfuſs in Verbindung und schloſs dann den Umlauf am Scheitel des Hufeisens. Der entgegengesetzte Strom machte zwar das Gewicht abfallen; doch war der Magnetismus noch nicht zerstört und das Eisen trug noch etwa die Hälfte des vorigen Gewichts.

Noch auffallender sind die Resultate, welche die früher erwähnten Physiker Henry und Ten Eyck später mit einem gegen den ersten nur wenig vergröſserten Apparate erhielten. Der eiserne Magnet wog 59½ Pfd. und war aus einer 3 Zoll dicken viereckigen Stange schwedischen Eisens von 30 Zoll Länge gebildet, die in ein Hufeisen von 11¼ Z. Höhe umgebogen war. Die innere Distanz der Pole betrug 3½ Zoll

und das Ganze war vor dem Umbiegen auf den Kanten flach gehämmert worden, so daſs sein Querschnitt ein regelmäſsiges Achteck bildete, dessen Perimeter $10\frac{3}{4}$ Zoll faſste. Der Träger hatte 3 Z. in Kanten, war $9\frac{1}{2}$ Z. lang und wog 23 Pfd. Er war in seiner Mitte abgerundet, um einen eisernen Bügel aufzunehmen, an welchem die Gewichte angehängt wurden. Das Hufeisen war in 26 Abtheilungen mit messingenem Glockendrahte umwickelt, der mit Baumwollfäden umsponnen war; jede Abtheilung faſste eine Drahtlänge von 28 Fuſs, die keinen vollen Zoll auf dem Magnete einnahm; die Drahtenden standen etwa $1\frac{1}{2}$ F. heraus, um leicht mit einander verbunden zu werden. In der Mitte des Hufeisens lagen drei, nahe bei den Polen sechs Drahtdicken über einander; das Ganze bildete eine Länge von 728 F.

Auf jeder Seite des hölzernen Traggestells befand sich eine kleine Batterie von 12 Zoll Höhe und 5 Z. Durchmesser, aus concentrischen Kupfer- und Zinkcylindern gebildet; sie bot der Säure $4\frac{7}{9}$ Quadratfuſs dar. Durch Einsenken in die Säure konnte jede derselben einzeln in Thätigkeit gesetzt werden, und sie waren dergestalt mit den Drähten des Hufeisens verbunden, daſs, sowie man die eine oder andere einsenkte, die magnetischen Pole sogleich umgewendet wurden.

Bei den ersten Versuchen wurde dieser Magnet mit einer Batterie von $\frac{3}{8}$ Quadratfuſs in Verbindung gebracht und trug sogleich 500 Pfd. Mit einer an Zinkfläche dreimal gröſsern Batterie stieg seine Kraft augenblicklich auf 1600 Pfund und trug, selbst als die Säure entfernt wurde, noch einige Minuten lang 450 Pfd., ja sogar konnte man, bei einem der Versuche, drei Tage, nachdem die Batterie in Thätigkeit gesetzt worden war, noch über 150 Pfd. dem Träger anhängen, ehe er abfiel. Senkte man die Batterie nur einen Zoll tief und nur für einen Moment in die Säure, so blieb der Träger von 23 Pfd. noch Tage lang hängen, obwohl die Elektromotoren ganz trocken waren. Mit einer der vorerwähnten Batterieen von $4\frac{7}{9}$ Quadratfuſs Oberfläche trug der Magnet sogleich 2000 Pfund und späterhin bis auf 2063 Pfd. Eine gröſsere Batterie ward nicht versucht.

Um die Kraft des magnetischen Stroms zu prüfen, brachte man zwischen den Polen und dem Träger zwei runde Eisenstäbe von $1\frac{1}{4}$ Zoll Durchmesser und 12 Zoll Länge an, und

Digitized by Google

selbst mit dieser Anordnung konnte man dem Träger noch 154 Pfd. anhängen.

Der Magnet wurde sodann mit 56 Pfd. oder (den Träger eingerechnet) mit 79 Pfd. belastet, die eine Batterie in die Säure gesenkt und gleich wieder herausgezogen, wobei das Gewicht hängen blieb. Schnell wurde dann auch die andere Batterie niedergelassen und dadurch die Pole so schnell umgewendet, daſs das Gewicht nicht Zeit hatte zu fallen. Daſs der Wechsel der Polarität wirklich statt gefunden hatte, bewies eine groſse Compaſsnadel, die in die Nähe des einen Pols gesetzt worden war.

Bei einer Wiederholung seiner Versuche mit einem kupfernen Flaschenapparate, dessen benetzte Zinkfläche ungefähr 11 engl. Fuſs Oberfläche haben mochte, erhielt von Moll ähnliche Resultate. Das Hufeisen hatte $8\frac{1}{2}$ Z. engl. Höhe bei 1 Z. Durchmesser und war von einem Kupferdrahte von $\frac{1}{8}$ Z. Dicke 83mal umwunden. Beides zusammen wog $2\frac{1}{2}$ Kilogramm. Der Träger wog 0,63 K. oder $1\frac{1}{4}$ Pfd. Die Enden des umgewundenen Drahtes tauchten in die nämlichen Quecksilbergefäſse, in welche die Leitungsdrähte des Volta'schen Elements gesenkt waren. Im Augenblicke der Berührung erhielt das Eisen soviel magnetische Kraft, daſs es 25 Kilogr., ja später 38 K. trug. Sein Südpol befand sich an dem Ende, dessen Draht mit dem Zink in Berührung trat. Auch hier zeigte sich, daſs bei einer Unterbrechung des Stroms die magnetische Wirkung noch eine Zeit lang fortdauerte, indem das Eisen selbst eine Viertelstunde nachher noch 25 K. trug, daſs aber eine Umkehrung desselben das Gewicht sogleich fallen machte. Nur leichte Eisen- oder Stahlstücke blieben während des Ueberganges der Elektricitäten hängen. Die stärkste magnetische Wirkung findet immer im Anfange des Versuchs statt. Stählerne Nadeln und Stäbe am magnetischen Eisen gerieben werden bis zur Sättigung magnetisirt.

Quetelet, der mit einem spiralförmigen Elektromotor nach Hare's Construction von 1,36 Quadr.-Meter Oberfläche diese Versuche wiederholte, erhielt weniger starke Anziehungen. Er versuchte den Einfluſs der Gröſse der Metallflächen auf die Stärke der magnetischen Wirkung zu bestimmen. Das Hufeisen und der mit Seide umwickelte grobe Draht war von den nämlichen Dimensionen, wie bei von Moll. Als man bei

dem erwähnten Apparate die Flüssigkeit allmälig ablauſen lieſs, fiel die Belastung erst ab, als nur noch etwa $\frac{1}{5}$ der Oberfläche in der Auflösung stand, wobei freilich die schlechte Isolirung der Weidenruthe, welche die Metalle auseinander hielt, noch einige Wirkung verursachte. Um jedoch das vorige Gewicht, das nicht über 1½ Kilogr. ging, wieder anhängen zu können, muſste man so viel Säure eingieſsen, daſs $\frac{5}{6}$ des Volta'schen Elements eingetaucht waren, und das Gewicht fiel bereits ab, als etwa die Hälfte der Flüssigkeit abgelassen war. Später vermochte der Apparat selbst bei voller Anfüllung des Troges höchstens noch 1 Kilogr. zu tragen. Quetelet schreibt den schlechten Erfolg der Beschaffenheit des Eisens zu.

Bei einem zweiten Versuche mit einem andern Hufeisen, das 2 Kilogr. wog und 83mal mit Kupferdraht umwunden war, war die Wirkung günstiger. Die Volta'sche Kette hatte die Form eines Rectangels und das Zink auf einer Seite 11½ Fuſs Oberfläche. Es war eine Tafel von 60 Zoll Breite, die allmälig in die Flüssigkeit eingesenkt wurde. Kaum war sie auf 2½ Zoll eingetaucht, als das Eisen schon 18 Kil. trug; allein bei einer zweiten Eintauchung auf eben diese Tiefe kam die Wirkung nur auf 8 K. Als man die Tafel bis auf 20½ Zoll einsenkte, ging sie nicht über 17 K. und bei einer vierten Einsenkung auf 23 Zoll sogar nur auf 13 K. und bei totaler Eintauchung höchstens auf 16 K.

Man lieſs nun den Zink trocken werden und tauchte ihn dann plötzlich in die alte Flüssigkeit ein; der Apparat trug 33 K. Es war also hier das Abnehmen der elektrischen Entwickelung, was die Tragkraft verminderte. Andere Versuche mit Volta'schen Elementen und mit Hufeisen verschiedener Gröſse angestellt zeigten, daſs die Stärke der Wirkungen mehr von der Gröſse der letztern als der erstern abhänge und daſs (wie auch die Experimente der americanischen Physiker bewiesen haben) groſse Hufeisen vielfach umwunden die Kraft bedeutend verstärken[1].

Die neuesten Versuche des Prof. von Moll[2] waren vornehmlich darauf gerichtet, die Gröſse der die Elektricität erzeugenden Flächen auf ihr Minimum zurückzuführen. Dazu

---

1 Ann. de Chim. L. 321.

2 Bibl. Univ. Juin. 1833. p. 228.

Digitized by Google

diente ein Hufeisen von 2 Z. dickem cylindrischem Eisen, bei etwa 24 Zoll vollständiger Länge. Es war mit Seide überzogen, auf welcher die Windungen des $\frac{3}{16}$ Z. engl. dicken Eisendrahtes unbedeckt lagen; mit diesen zusammen wog es 29 Pfund.

Ein Flaschenapparat, dessen Zink $\frac{7}{8}$ Quadratzoll einfache Oberfläche hatte, brachte die Anziehung auf 12, 39 und 48 Pfd. Kleine Münzen von Kupfer nebst gleichem Zinkstück von $\frac{3}{4}$ Quadratzoll Oberfläche gaben nur $6\frac{3}{4}$ und mit zwei Kupfermünzen $14\frac{3}{4}$ Unzen. Dagegen trieb es eine französische Kupfermünze von 2 Centimes mit $\frac{7}{8}$ Quadratzoll Oberfläche auf 2 Pfd. 5 Unzen; ein Goldstück von derselben Gröſse nur auf 13 Unzen. Ein Silberstück von 50 Centimes, $\frac{3}{4}$ Z. Fläche, gab 13 Pfd. 3 Unzen, also 31mal mehr als eine ebenso groſse Kupfermünze. Offenbar war diese Oberfläche im Verhältnisse des Hufeisens viel zu klein. Denn eine Zinkplatte von $4\frac{1}{2}$ Zoll Quadratfläche zwischen zwei ebenso groſsen Kupferplatten bewirkte eine Anziehung von 80 Pfd., welche durch einen Kupfertrog von $10\frac{1}{2}$ Zoll Zinkfläche sogar auf 224 Pfd. gesteigert wurde.

Ueber das Vermögen des Elektromagnets, seinen Magnetismus auch nach dem Oeffnen der Volta'schen Kette zu behalten, hat besonders Ritchie[1] Versuche angestellt. Er zeigt, daſs hierin vieles von der Beschaffenheit und Weichheit des Eisens abhänge, daſs aber die *Länge des magnetischen Bogens* die Hauptbedingung ausmache. Er hatte drei Magnete, aus dem nämlichen Eisen verfertigt, die mit der Volta'schen Batterie verbunden nahe gleiche Kraft zeigten, einen von 6 Zoll im Bogen, einen andern von 1 Fuſs und einen dritten von vier Fuſs. Wird die Batterie geöffnet, so fällt beim ersten der Anker fast augenblicklich ab, beim zweiten trägt er eine geraume Zeit noch mehrere Pfunde und beim dritten erfordert er ein noch gröſseres Gewicht und längere Zeit, um ihn abfallen zu machen. Ritchie sucht den Grund dieser Erscheinung in der Lage der Molecülen, welche im kürzern Bogen leichter in ihr natürliches Gleichgewicht zurückkehren.

1 Philos. Mag. Ser. III. Vol. III. p. 122. Poggend. Ann. XXIX. 464.

Digitized by Google

Ueber die Wirkung der Spiralumwindungen eines temporären Hufeisenmagnets hat Dal Negro[1] in Padua neue Versuche bekannt gemacht, welche die früher von den americanischen Physikern aufgestellten Sätze meistens bestätigen, zuweilen auch ihnen entgegen sind. So fand er z. B. der Behauptung von Hare entgegen, daſs ein mit Draht vollständig umwickeltes Hufeisen doppelt soviel Gewicht trug, als wenn es nur mit der halben Drahtlänge umzogen war. Dabei war es ganz einerlei, ob diese halbe Drahtlänge an einem oder am andern Schenkel allein, an der convexen Stelle des Hufeisens oder an seinen beiden Enden umgewunden war. Auch erhielt das Eisen seine ganze Tragkraft, es mochte die ganze Drahtlänge continuirlich oder in zwei getrennten Stücken umgewickelt seyn.

Zwei Hufeisen, aus dem nämlichen Stücke geschnitten, von gleichem Gewichte, gleicher Biegung, Länge und Entfernung der Pole, wurden mit gleichviel Windungen eines gleich dicken Drahts umwickelt und dem elektrischen Strome ausgesetzt. Das eine war cylindrisch, das andere prismatisch. Das erstere trug 18,2 Kilogr., das letztere nur 1,07 K. Bei einem Hufeisen, dessen einer Schenkel cylindrisch, der andere prismatisch war, war die Kraft des cylindrischen Schenkels nur $\frac{1}{4}$ von der Totalwirkung des ganzen cylindrischen Magnets. Das vierkantige Hufeisen umwickelte man mit kreisförmigen Spiralen, das cylindrische mit viereckigen. Das letztere verlor dadurch nur wenig in der magnetischen Wirkung gegen die ganz berührende Umwickelung, das erstere blieb, wie wenn die Umwindungen anliegend und viereckig gewesen. Die *Gestalt der Windungen* thut also nichts zu Sache. Gute Berührung ist immerhin vortheilhaft.

Spiraldrähte von Kupfer brachten eine Tragkraft von 5,9 Kil. zuwege; ähnliche von Eisen nur 1,8, also nicht einmal den dritten Theil. Daſs von Moll umgekehrt den Eisendraht viel wirksamer fand, kam daher, weil er beim Kupferdraht das Hufeisen nicht mit einer isolirenden Hülle versehn

1 Ann. delle Science del reg. Lomb. Veneta. Sett. ed Ott. 1832. und Baumgartner Zeitschr. f. Phys. und verwandte Wissenschaften. II. 92.

Digitized by Google

hatte. Dickere Drähte leisten mehr als dünne; doch hat auch dieses seine relativen Grenzen.

Drähte, wenn sie durch Seide von einander und vom Eisen gut isolirt sind, geben, über einander hingewunden, eine stärkere Wirkung. Besser ist es, wenn sie parallel laufen, als wenn sie sich quer durchkreuzen; doch ist der Unterschied nicht bedeutend.

Daſs die *cylindrische Form der Hufeisen* hierbei die vortheilhafteste sey, ist schon oben erwähnt worden. Die Tragkraft vermehrt sich mit der *Gröſse.* Drei Hufeisen, deren Gewichte 0,29; 0,35 u. 1,5 K., also im Verhältnisse der Zahlen 10; 12 und 51 standen, trugen im Mittel 11,6; 11,5 und 36,3 K.; im Maximum 11,5; 12,8 und 41,0 K. Die Tragkraft ist also nicht im kubischen Verhältnisse ihrer Dimensionen; wahrscheinlich nur im Verhältnisse ihrer Oberflächen, welche jedoch, da die Durchmesser nicht angegeben sind, sich hier nicht bestimmen lassen. Hohle Cylinder nahmen gar keinen Magnetismus an.

Wichtig ist die Form und auch die Masse des Ankers. Ein Anker, dessen berührende Fläche cylindrisch-convex war, trug beinahe doppelt soviel (im Verhältnisse von 5:9) als einer mit planer Oberfläche. Ein Anker von 1 K. Gewicht trug 90 K., während einer von 2 K. es auf 108 K., also um 1/5 höher brachte.

Die Entfernung der Pole des Hufeisens von einander war ohne Einfluſs, so lange sie nicht kleiner als 1 par. Zoll war; dann aber verstärkte sie die Tragkraft um 1/10. Die überschüssige Länge des Ankers war gleichgültig. Ob die Hufeisen polirt oder roh waren, schien keinen Unterschied zu machen, da sie in beiden Fällen mit Seide umwickelt wurden.

Ueber die Gröſse des Elektromotors geben die Versuche von Dal Negro keine entscheidende Aufschlüsse. Eine Zinkfläche von 3/4 Quadratfuſs gab bei dem vorerwähnten Hufeisen von 1,5 K. Gewicht nur 16,8 K. Tragkraft, wo eine von 2 1/5 Quadratfuſs 36,3 K. bewirkte; das Verhältniſs der Flächen ist etwas kleiner als 1 zu 3, das der Gewichte 1 zu 2,16. Marianini hatte das vortheilhafteste Verhältniſs der Kupferfläche zur Zinkfläche wie 3:1 angegeben; es hängt jedoch nach Bigeon's Erfahrungen vom Abstande dieser Flächen ab, so

Digitized by Google

daſs er bei 9 Lin. Abstand derselben wie 3:5, bei 4 Lin. wie 1:2 sey.

Untersuchungen über die günstigste Mischung der verdünnten Säuren haben wir ebenfalls Bigeon[1] zu verdanken. Sie besteht nach ihm aus $\frac{1}{80}$ Salpetersäure mit $\frac{1}{80}$ Schwefelsäure im Wasser. Die Gasentwickelung am Zink ist gering, die Wirkung am Galvanometer 120°. Schwefelsäure allein zerstörte den Zink. $\frac{1}{80}$ derselben brachte es bis auf 106°; eben dieses that auch $\frac{1}{70}$ Salpetersäure, doch ohne den Zink anzugreifen. Von dem im Handel vorkommenden Chlor gab $\frac{1}{70}$ nur 58° am Galvanometer und zerstörte den Zink.

In hohem Grade merkwürdig ist die Entdeckung Dal Negro's, daſs die magnetisirende Kraft des Volta'schen Apparats nicht sowohl vom Flächeninhalte der Platten, als vielmehr von der Gröſse ihres Perimeters abhängig sey. So erregte eine quadratische Zinkplatte eine Tragkraft von 9,26 Kilogr.; eine rectanguläre von derselben Oberfläche gab 17,18 K. Man könnte annehmen, daſs die an der Fläche entwickelte Elektricität als expansives Fluidum nach dem Rande hin getrieben würde, daſs aber die Entwickelung in der Mitte nicht weniger thätig sey; allein auffallender Weise sind hohle, rahmenförmige Platten beinahe nicht minder wirksam als volle. Eine quadratische Zinkplatte von 1,45 (?) Quadratzoll Oberfläche gab eine Kraft von 26 K. Als aber ein viereckiges Stück aus derselben geschnitten ward, so daſs nur ein Zinkrahmen von 3 Lin. Breite übrig blieb, gab dieser Rahmen die Kraft von 24 K., das herausgeschnittene Stück die von 24,4 K., und als dieses in einen 2 Lin. breiten Rahmen verwandelt wurde, leistete es noch eine Kraft von 19,5 K.

Verschiedene nicht ganz dünne Zinkrahmen wurden nun mit einer isolirenden Masse aus Pech und Siegellack überzogen und dann in ein mit saurem Wasser gefülltes Kupfergefäſs gesetzt. Als der äuſsere Rand entblöſst ward, erhielt man eine Kraft von 3,0 K., und nachdem auch die innere Kante entblöſst worden war, 9,3 K. Die Entfernung des isolirenden Ueberzugs auf der einen breiten Fläche des Rahmens selbst brachte die Anziehung auf 16,9 K., und als auch die andere

1 Ann. de Chim. 1831. I. p. 80.

Seite entblöſst wurde, auf 17,0 K. Auch hier war also der Rand wirksamer als die breitere Fläche.

Diese vorzügliche Wirksamkeit der Ränder zeigt sich auch bei den Kupferplatten. Ein Element, bestehend aus einem Zinkstreifen oder Zinkdraht in einer mit saurem Wasser gefüllten Kupferrinne, liefert die kräftigsten Magnete und giebt gute Funken.

Diese neue Entdeckung Dal Negro's über die Unthätigkeit der mittlern Räume der Metallflächen bezieht sich jedoch nur auf die magnetische Wirksamkeit; die wärmeerregende Kraft hingegen richtet sich nicht nach dem Umfange, sondern nach der Oberfläche der Platten.

VI. Thermomagnetismus.

Hatte die Lehre vom Magnetismus durch die Elektricität eine höchst wichtige Erweiterung erhalten, so vergalt sie ihr bald nachher den Dienst durch die Mittheilung eines Instruments, das, an sich nur die magnetische Erregung zu messen bestimmt, zugleich auch ihrer nächsten Ursache, der elektrischen, zum Maſse dienen konnte. Es war das magnetische *Galvanometer*, oder die Abweichung der Boussole in der Nähe des elektrischen Schlieſsungsdrahtes, verbunden mit dem so fruchtbaren Principe der Vervielfachung einer an sich schwachen Wirkung durch die Schweigger'schen Umwindungen. Mit diesem ungemein empfindlichen und in Maſsbestimmungen den meisten Elektrometern überlegenen Instrumente wurde man in den Stand gesetzt, elektrische und elektromagnetische Wirkungen wahrzunehmen, deren Schwäche und Feinheit sie wohl noch lange unserm Auge entzogen hätte. Durch dieses gelang es dem scharfsinnigen Seebeck, eine neue Quelle magnetischer Erregung zu entdecken, zu der uns nur spätere, noch nicht genugsam vorbereitete Erweiterungen der Elektricitätslehre hätten führen können und die man vorjetzt mit dem Namen des *Thermomagnetismus* (durch Wärme erzeugter Magnetismus) bezeichnet hat.

Die Verfolgung der Versuche Oersted's hatten Seebeck [1]

---

1 S. hierüber Poggend. Ann. VI. 1. und ſolg.

auf die Vermuthung geleitet, daſs, auch ohne Mitwirkung eines feuchten Zwiſchenleiters, die bloſse Berührung zweier Metalle im elektriſchen Kreislauf Magnetiſmus erzeugen könnte; eine *Idee*, auf die ihn auch Volta's Fundamentalverſuch von der durch trockene Berührung zweier Platten hervorgebrachten Contactelektricität hätte führen können. Er verband damit die treffende und auf das Weſen der Sache eindringende Idee, daſs nicht ſo ſehr die Erregung im Berührungspuncte der Metalle, als vielmehr die Ungleichheit dieſer Actionen an den beiden Metallen die magnetiſche Polariſation der ganzen geſchloſſenen Kette begründe. Dieſem Gedanken folgend verſuchte Seebeck eine neue Combination mit zwei Metallen, die ſich ihm früher in manchen Stücken als abweichend und veränderlich erwieſen hatten, mit Wiſmuth und Antimon. 1) Eine Scheibe von *Wiſmuth* unmittelbar auf einer Kupferſcheibe liegend, zwiſchen die beiden Enden eines im magnetiſchen Meridiane liegenden ſpiralförmig gewundenen Kupferſtreifens von 40 Fuſs Länge und 2½ Linien Breite gebracht, zeigte beim Schlieſsen des Kreiſes ſogleich eine deutliche Deklination der Magnetnadel. Lag die Spirale gegen Norden und ihre Enden gegen Süden, ſo wich der Nordpol der Nadel um einige Grade weſtlich ab, wenn das obere Ende der Spirale auf die Wiſmuthſcheibe niedergedrückt wurde. Die Deklination war dagegen öſtlich, wenn die Spirale im Süden und die Metallſcheibe im Norden lag. 2) Eine Scheibe von *Antimon* an die Stelle der Wiſmuthſcheibe gebracht zeigte bei den nämlichen Lagen gerade die entgegengeſetzten Abweichungen, nur etwas ſchwächer. 3) *Zink* zwiſchen die Enden der Spirale gelegt bewirkte *keine* Deklination, ebenſowenig vermochten das Silber oder Kupfer, einzeln oder in Verbindung mit Zink. — Bei dieſen Verſuchen hatte der Experimentator das freiſchwebende Ende des Streifens jedesmal auf die Metallſcheibe mit den Fingern niedergedrückt. Man konnte daher vermuthen, daſs die Feuchtigkeit der Hand an dieſen ungleichen Erregungen einigen Antheil habe; allein das gänzliche Ausbleiben der magnetiſchen Spannung bei der Verbindung des Zinks mit dem Kupferſtreifen, ſelbſt als das obere Ende der Spirale mit einer naſſen Pappſcheibe auf die Wiſmuthſcheibe gedrückt wurde, ſtand dieſem Verdachte entgegen. Noch mehr wurde er widerlegt, als die Ablenkungen, obwohl

Digitized by Google

schwächer, sich einstellten, wenn die Niederdrückung mit Metallstäbchen bewerkstelligt wurde, die der Erfinder zwischen den Fingern hielt, oder wenn er die auf die Wismuth- oder Antimonscheibe gelegte Spirale mit einer dünnen Glasscheibe bedeckte und diese eine Zeit lang mit der Hand berührte. 4) Wurde das obere Ende der Spirale auf der Wismuthscheibe befestigt und das untere Ende mit der Hand an die untere Fläche des Wismuths angedrückt, so war die Deklination de oben in 1) angegebenen entgegengesetzt. Es zeigte sich ga keine Deklination, als beide Enden der Spirale zugleich mi den Fingern an die Wismuthfläche angedrückt wurden, un ebensowenig erfolgte diese, wenn man die Enden der Spiral mit zwei Fuſs langen Stäben von Glas, Holz oder Metall niederdrückte; aber sie trat stets wieder ein, wenn die Hand genähert wurde und eine Zeit lang dort verweilte. Es war als jetzt keinem Zweifel mehr unterworfen, daſs die *Wärme*, welche sich von der Hand dem einen oder andern Berührungspuncte mittheilte, hier das Hauptagens des erregten Magnetismus seyn muſste.

Eine Menge mannigfaltig abwechselnder Versuche mi geraden und kreisförmiggekrümmten Stäben von Wismuth ode Antimon, die, an einer Stelle über einer Flamme örtlich erwärmt, an denjenigen Puncten mit den Enden der Spirale i Berührung kamen, wo ihre Temperatur am umgleichsten wa folgten dieser merkwürdigen Entdeckung, die, wie die eign Erzählung Seebeck's zeigt, nicht etwa ein glücklicher Fun sondern das Ergebniſs unermüdlicher Forschung und schar sinniger Aufmerksamkeit war, wenn er selbst es auch ve mied, sie als das Resultat *a priori* gehegter Schlüsse darzu stellen. *Temperaturdifferenz an den beiden Berührungs puncten des metallischen Kreises* ist also die neue Quelle e nes freiwerdenden Magnetismus oder, was diesem wohl vo angeht, der *Elektricität.*

1) Je gröſser diese Differenz ist, um so stärker ist au die magnetische Spannung in diesen Ketten, wenn sie glei nicht immer mit jener gleichen Schritt hält. Selbst künstlic Erkältung des einen Berührungspunctes bringt jene Polaris tion hervor, wie dieses aus folgendem Versuche erhellt. E Ring, halb aus Antimon von ¼ Zoll Dicke und halb aus dü nem, ½ Zoll breitem Kupferblech bestehend, wurde in ei

Digitized by Google

Mischung aus 2 Theilen Schnee und 3 Theilen fein gepulvertem salzsaurem Kalk gestellt, und zwar so, daſs das Antimon im Süden und das Kupfer im Norden stand. Die Magnetnadel innerhalb des Kreises wich bleibend um 8° östlich ab, als bei — 6° R. im Zimmer der untere Berührungspunct bei —38° R. erkaltet war. Innerhalb eines viereckigen Rahmens aus zusammengelöthetem Wismuth und Antimon wich die Nadel um 35° westlich ab und hielt sich fast eine halbe Stunde so, als Wismuth und Antimon im Norden stand, der untere Berührungspunct — 43° R. und der obere — 6° R. hatte.

2) *Vergröſserung der Oberfläche* der sich berührenden Metalle scheint die Wirkung nicht zu verstärken. Wismuth- und Antimonscheiben von 6 Z. ins Gevierte, mit Kupferscheiben von gleicher Gröſse verbunden, gaben keine stärkere Wirkung als Scheiben von 1½ Zoll Durchmesser bei gleich starker Erhitzung des sie verbindenden Kupferbogens.

3) *Unmittelbare Berührung der Metalle* ist ferner eine wesentliche Bedingung zur magnetischen Polarisation derselben durch Temperaturdifferenz. Ein Blatt Papier, ein Goldschlägerhäutchen oder eine mit Wasser benetzte Pappscheibe zwischen die Metalle am kalten Berührungspuncte geschoben hebt alle Wirkung auf.

Das Verfahren, welches Seebeck bei Untersuchung des magnetischen Verhaltens zweier Metalle gegen einander vorzugsweise anwandte, war folgendes. Die Metalle wurden Fig. 118.
mit einander verbunden und unter den Metallbogen bei b eine heiſse Scheibe gelegt, entweder von demselben Metalle, wie das, was untersucht werden sollte und die Stelle von A und B vertrat, oder, wo dieses nicht geschehn konnte, eine von oxydirtem Kupfer. Das letztere Verfahren ist das sicherste, hauptsächlich wenn man kleine Metallkörner zu untersuchen hat. Nur darf die Kupferscheibe nie das zwischen dem Bogen stehende Metall berühren.

4) Durch eine groſse Anzahl von Versuchen ergab sich, daſs die Metalle eine besondere *magnetische Reihe* bilden, die mit keiner der bekannten, aus andern Eigenschaften der Metalle abgeleiteten Reihen übereinstimmt. Jedes Metall dieser Reihe bewirkt, wenn es in die hier angegebene Lage gebracht und in b erwärmt wird, mit jedem in der Reihe über ihm stehenden (hier an die Stelle von B und A tretenden)

Digitized by Google

Metalle eine *östliche* Deklination und mit jedem der in der Reihe *unter* ihm stehenden eine *westliche* Deklination der im Innern des Kreises schwebenden Magnetnadel.

Oestlich.

1) Wismuth	10) Messing Nr. 1.	19) Chrom.	28) Wolfram.
2) Nickel	11) Gold Nr. 1.	20) Molybdän	29) Platina Nr. 4
3) Kobalt	12) Kupfer - 1.	21) Kupfer Nr. 2.	30) Kadmium.
4) Palladium	13) Messing - 2.	22) Rhodium	31) Stahl.
5) Platina Nr. 1.	14) Platina - 2.	23) Iridium	32) Eisen.
6) Uran	15) Quecksilber	24) Gold Nr. 2.	33) Arsenik.
7) Kupfer	16) Blei	25) Silber	34) Antimon.
8) Mangan	17) Zinn	26) Zink	35) Tellur.
9) Titan	18) Platina Nr. 3.	27) Kupfer Nr. 3.	

Westlich.

5) Werden zwei mit einander verbundene Metalle mit ihrem n Pol nach Norden gerichtet, so steht, wenn der warme Berührungspunct sich *unten* befindet, das in dieser magnetischen Reihe höher stehende Metall im *Osten*, das in der Reihe tiefer stehende im *Westen* und in dieser Beziehung dürſte *Wismuth* das *östlichste* und *Tellur* oder zunächst *Antimon* das *westlichste* Metall der thermomagnetischen Reihe zu nennen seyn.

6) Je weiter zwei verbundene Metalle in obiger Tabelle von einander abstehn, z. B. Wismuth und Antimon, desto stärker ist ihre Wirkung auf die Magnetnadel. Nahestehende geben nur schwache Wirkung, z. B. Blei und Zinn. Diese Regel leidet gleichwohl noch je nach der Beschaffenheit der combinirten Metalle ihre Ausnahmen.

7) Durch Veränderung des Aggregatzustandes der Metalle, z. B. durch Schmelzung, wird wohl (des gröſsern Wärme-Unterschiedes wegen) die Ablenkung stärker, ändert jedoch keineswegs ihre Richtung. Die constante Deklination
Fig. einer Magnetnadel in dem Apparate, wo Wismuth in einem
119. kleinen kupfernen Kessel im Fluſs erhalten wurde, betrug nach Schlieſsung mit einer Wismuthstange, die an dem Kupferblechstreifen K befestigt war, 60° östlich. Bei der Erwärmung durch die Hand war sie 5° bis 6° östlich gewesen. Eben so zeigten Bogen von Kupfer, verbunden mit flieſsen-

dem Zinn, Blei, Zink, Antimon, Messing und Silber, ebenso Bogen von Blei mit flieſsendem Zinn, oder umgekehrt Zinnbogen mit flieſsendem Blei, auch Bogen von reinem Golde mit flieſsendem Silber oder Kupfer unverändert dieselbe Art von Polarität, welche diese Ketten in niedriger Temperatur gezeigt hatten, nur war die Stärke derselben der jederzeit angewandten Hitze und der dadurch bewirkten Temperaturdifferenz proportional. Eine Ausnahme hiervon machten einige Metalllegirungen, die auch wohl bei verschiedenen auf einander erfolgenden flüssigen sowohl, als festen Zuständen der Rangordnung, die sie vorher in der Tafel der Polaritäten einnehmen, keineswegs treu blieben.

8) Sonst boten die Legirungen in Absicht des Wechsels der Polarität manches Auffallende dar. So blieb die östliche Abweichung des Wismuths vorherrschend, auch wenn das Alliage dreimal so viel Kupfer als Wismuth enthielt; Wismuth mit Zink blieb ohne Wirkung. Die Legirungen von Wismuth mit Blei und von Wismuth mit Zinn gaben seltsamer Weise mit Kupfer Nr. 2. eine *westliche* Deklination, wenn das *Wismuth* in ihnen vorwaltend war, umgekehrt eine *östliche*, wenn es nur den vierten Theil der Mischung ausmachte.

9) Alle Arten von Roheisen nehmen eine höhere Stelle in der magnetischen Reihe ein, als Stabeisen. Ebenso steht gehärteter Stahl höher, als langsam abgekühlter.

10) Gegossene Ringe aus Wismuth, Antimon oder einer Legirung, örtlich erhitzt, brachten die ihnen zukommende Abweichung der Magnetnadel hervor; eben dieses thaten auch Stäbe und selbst Scheiben von diesen Metallen, wenn sie an einem Ende erhitzt wurden; gleichförmig erwärmt zeigten sie keine Wirkung. Eine hohle, in einem Gusse verfertigte Kugel von Antimon wurde nach Erwärmung einzelner Stellen gleichfalls magnetisch polar, indem nämlich diesseits und jenseits des erwärmten Punctes entgegengesetzte Pole erschienen.

11) Von der Gegenwart der Luft scheint die Erregung des Thermomagnetismus unabhängig zu seyn. Unter der Glocke einer Luftpumpe bei 4½ Linien Barometerstand gab eine Kette von Wismuth und Kupfer eine Deklination von gleicher Art und Gröſse, wie nach zugelassener Luft, wenn in beiden Fällen die Temperaturdifferenz dieselbe war.

Digitized by Google

12) Endlich wurde auch die Wirkung des gefärbten Sonnenlichtes versucht, das nach Morichini auf die magnetische Erregung so merkbaren Einfluſs haben sollte. Man lieſs zu dem Ende das Sonnenlicht durch eine 4 Zoll im Durchmesser haltende gefärbte Glasscheibe auf die in der dunkeln Kammer befindlichen Metallketten fallen, nachdem es noch durch ein vierzolliges Brennglas concentrirt war. Die Wirkung schien ganz der durch die verschiedenen Farben hervorgebrachten Erwärmung zu entsprechen; sie war schwächer im dunkelblauen, als im rothen oder gelben Lichte, am stärksten im reinen, ebenfalls durch die Linse concentrirten *Sonnenlichte.*

13) Die oben in Nr. 4. aufgestellte magnetische Abweichungsreihe der Metalle ist ganz wesentlich verschieden von ihrer *elektrischen Spannungsreihe.* Bei der letztern ist die Erregung der E durch die Berührung zweier Metalle von der Temperatur ganz unabhängig, und selbst da, wo durch Erhitzung Elektricität hervorgerufen wird, ist diese keineswegs an die oben (Nr. 4.) angegebene Rangordnung gebunden. Jedes Metall erhält nämlich, wenn es bis zu einem bestimmten Grade erhitzt worden ist, — E in der Berührung mit einem zweiten Metalle, welches kalt ist, und dieses erhält + E, es mag in der auf gewöhnliche Weise ausgemittelten elektrischen Spannungsreihe über oder unter dem ersten stehn. Dieses gilt selbst von den in jener Reihe weit getrennten Metallen, Zink und Kupfer. Die magnetische Polarisation der hier betrachteten Metallketten kann also nicht aus der im Berührungspuncte zweier Metalle sich trennenden, frei werdenden und den Elektrometern mittheilbaren gröſsern Quantität der Elektricitäten allein abgeleitet werden, und man wird auch so lange nicht berechtigt seyn, diese Ketten *elektromagnetische* zu nennen, bis die Modification, durch welche der Einfluſs der gewöhnlichen Elektricität auf die magnetische Polarisation unter gewissen Umständen behindert wird, erforscht oder ein bisher unerkanntes, die Elektricität nur begleitendes Fluidum entdeckt ist, das die eigentliche Ursache der elektromagnetischen Erscheinungen ausmacht.

Seebeck's Entdeckungen wurden in Deutschland noch von Yelin in München, in Frankreich von Becquerel, in Holland vom General van Zeylen, in England von Dr. Traill und Prof. Cumming und dem Mechanicus Marsh verfolgt, ohne

Digitized by Google

jedoch bedeutende Erweiterungen zu erhalten. Der von den letztern gebrauchte Apparat bildete ein Rectangel aus Kupfer und Antimon oder einem andern Metalle. Das letztere war nicht angelöthet, sondern, um bequemer wechseln zu können, nur mit feinem Kupferdraht an dem Bügel von Kupfer fest gebunden. Es genügt, mit einer Feile oder mit Schmirgelpapier von Zeit zu Zeit die Berührungsstellen wieder aufzufrischen. Innerhalb des Rectangels befand sich die Magnetnadel. Aus Traill's zahlreichen Versuchen ergiebt sich Folgendes[1]. Fig. 120.

14) Wenn das Rectangel sich im Meridiane befand, der Kupferbügel oben, und das Nordende mit der Lampe erwärmt wurde, so wich die Nadel nach Osten ab. Sie ging hingegen *westlich*, wenn man das Südende erhitzte.

15) Die Abweichung ging inwendig bis 75°, dagegen auſserhalb des Rectangels nur bis 45°.

16) Die verticalen Theile des Bügels waren weniger wirksam, als die horizontalen.

17) Es ist keineswegs nothwendig, daſs die Boussole den Metalldraht berühre. Der Effect ist derselbe, wenn sie auf einer Glasplatte von ½ Zoll Dicke steht oder auch nur mit der Hand in das Rectangel hineingehalten wird.

18) Die Abweichungen bleiben unverändert, wenn man den Apparat in der Ebene des Meridians zwischen 20° bis 72° gegen den Horizont neigt.

19) Kehrt man das Rectangel um, so daſs das Antimonstängelchen oben zu liegen kommt, und erwärmt man seine nördliche Ecke, so ist die Abweichung auf der Auſsenseite desselben überall westlich, innerhalb östlich, bei Erwärmung des Südendes tritt das Gegentheil ein.

20) Legt man das Rectangel in eine horizontale Ebene, die Antimonstange im Meridiane, so weicht bei Erwärmung des Nordendes die Nadel über die Stange gehalten nach Osten ab, bei Erwärmung des Südendes nach Westen; ob das Kupfer auf der Ost- oder Westseite des Antimons liege, ist einerlei.

21) Als man das Rectangel in die auf den Meridian senkrechte Verticalebene brachte und das Ost- oder Westende des

1 Bibl. Univ. XXV. 104. XXVII. 199.

Digitized by Google

Antimons erhitzte, blieb die innerhalb schwebende Nadel eine Zeit lang unbeweglich, bis sie durch Zufall oder Berührung aus ihrer Lage gebracht wurde, dann gerieth sie in schnelle Oscillationen und gab die Anwesenheit eines heftigen magnetischen Einflusses zu erkennen.

22) Traill veränderte darauf die Gestalt des Rectangels so, daſs beide Metalle unter einem rechten Winkel gebogen wurden, wie die Zeichnung angiebt. (Fig. 121.) Legte man nun die kleinere Antimonseite in den Meridian, die gröſsere Kupferseite senkrecht auf denselben und erwärmte man die Verbindungsstelle in b, so ging die über diesem Eck befindliche Nadel um 35° nach Westen ab, unter demselben hatte sie eine Abweichung von 90° und unter der groſsen Antimonseite wurden ihre Pole umgewechselt.

23) Stets fand sich im Rectangel ein Gegensatz der Wirksamkeit, indem denjenigen Stellen, welche die stärkste Wirkung gaben, die schwächsten diametral gegenüber standen. Hatte man, z. B. wenn der Apparat in Ost und West lag, durch Erwärmung des Westendes eine Abweichung von 180° zuwege gebracht, so wurde bei Erwärmung des Ostendes die innerhalb befindliche Nadel nicht verrückt, dagegen erlitt sie dann auſserhalb desselben eine völlige Umkehrung.

24) Versuche mit rechtwinklig umgebogenen und an verschiedenen Stellen erwärmten Antimonstäben zeigen, daſs die Richtung der magnetischen Abweichung nicht von der Lage des Anfangspunctes abhängt, wo das Gleichgewicht der Temperatur gestört worden ist, sondern von der Richtung, unter welcher die Wirkung an die Nadel gelangt.

25) Wismuth giebt unter allen Umständen die entgegengesetzten Abweichungen von Antimon, auch sind seine Wirkungen gleichfalls kräftig, nur wird es durch seine Leichtflüssigkeit zu manchen Versuchen weniger geeignet, als Antimon.

26) Mit Kupfer verhalten sich Silber, Zink und Eisen, wie das Antimon, dagegen ebenfalls mit Kupfer Platin, Blei, Messing, chinesisches Tutanego, wie *Wismuth.*

27) Ein thermomagnetischer Kreis aus *einem* Metalle hatte nach Traill nur dann einige Wirkung, wenn die beiden Stücke von ungleicher Reinheit waren. Ebenso wollte eine Verbindung eines Metalls mit Wasser oder erdigen Substanzen

Digitized by Google

kein Resultat geben. Traill selbst schreibt dieses der geringern Empfindlichkeit einer einfachen Nadel und der Kleinheit des Apparats zu.

28) Wird eine Verbindungsstelle am Rectangel mit Eis oder (nach Cumming) mit ein Paar Tropfen Schwefeläther abgekühlt, so erhält man entgegengesetzte Abweichungen, gerade so, als wenn die gegenüber liegende Stelle erwärmt worden wäre.

29) Die Nadel zeigt eine gröſsere Abweichung, wenn sie sich in der Axe einer Spirale befindet, die aus den Verbindungsstücken gebaut ist, als wenn diese nur gerade Bänder oder Drähte vorstellen.

30) Die Wirkung rechtsgewundener Spiralen ist, wie beim Elektromagnetismus, das Umgekehrte der linksgewundenen. Sie haben immer das Bestreben, die Nadel gegen ihre Axe zu richten. In verticaler Stellung drückte eine rechtsgewundene Spirale den Südpol, eine linksgewundene den Nordpol der Nadel nieder.

Die Versuche des Prof. Cumming zeigen, daſs der thermomagnetische Apparat ein wahrer Magnet werden kann, und er hat denselben auch durch angebrachte Magnete in Drehung versetzt, wozu Marsh folgende kleine Vorrichtungen angegeben hat.

Am Rectangel DCE bestehen drei Seiten aus *Silber*, die untere DE aus Platindraht, der in der Mitte seiner Länge Fig. 122.
entweder mit einer kreisförmigen Oeffnung versehn, oder auch nur seitwärts ausgebogen ist, um einem Träger Raum zu geben, welcher oben mit einem Achatschälchen versehn ist, auf welchem die Spitze C spielt.

31) Hält man dem Puncte E den Nordpol eines Magnets möglichst nahe und erwärmt E, so dreht sich das Rectangel rechts, bis die Ecke D über die Lampe zu stehn kommt, dann geht es wieder links und oscillirt so hin und her, bis es unter einem rechten Winkel gegen den vorigen Stand sich einstellt.

32) Läſst man den Magnet in E und erwärmt gegenüber die Stelle D, so bewegt sich das Rectangel erst links und fixirt sich endlich wie vorhin. Die umgekehrten Bewegungen treten ein, wenn man den Nordpol des Magnets in D oder seinen Südpol in E anbringt.

Digitized by Google

33) Bringt man einen Nordpol in E und einen Südpol in D an und erwärmt in E, so nimmt der Apparat eine Drehung zur Rechten von etwa 30 Umläufen in der Minute an. Die umgekehrte Bewegung erfolgt, wenn D erwärmt wird.

Fig. 123. 34) Die Wirkung ist entschiedener, wenn man zwei solche Rectangel unter rechten Winkeln verbindet. Bringt man den Nordpol des Magnets auf E an, so erhält man für die verschiedenen Stellungen der Lampe folgende Wirkungen.

Die Lampe in E, schnelle Rotation rechts.
- - - D, - - links.
- - - G, ebenso.
- - - F, keine Bewegung.

Wirkt hingegen der Südpol des Magnets auf E, so hat man:

Die Lampe in E, schnelle Rotation links.
- - - D, - - rechts.
- - - G, keine Bewegung.
- - - F, Rotation links.

Die gröſsere Seite des Rectangels möchte 2 Zoll, die kleinere 1 Zoll betragen; die Kleinheit unterstützt die Beweglichkeit. Statt Platin und Silber kann auch Kupfer und Antimon, Kupfer und Wismuth, Antimon und Wismuth angewendet werden.

Ganz kürzlich sind auch von STURGEON[1] nachträgliche Versuche über den Thermomagnetismus bekannt geworden, die neben vielem, was bereits aus frühern Entdeckungen bekannt ist, noch folgende merkwürdige Angaben enthalten.

35) Die thermomagnetische Wirkung tritt auch bei einem einfachen Metalle sogleich hervor, wenn ein Theil desselben *härter* als der andere ist. So wurde ein hufeisenförmiges Fig. 124. Stahlstück, das man in der Mitte seiner Biegung erwärmte, magnetisch, wenn das eine Ende desselben gehärtet, das andere weich angelassen war. Eben dieses fand auch beim *Kupfer* statt. Nur ging beim *Guſsstahl* der thermomagnetische Strom vom harten Theile zum weichen hin; beim *Kupfer* aber fand gerade das Gegentheil statt. Die Enden waren niederwärts umgebogen, um sie in die Quecksilberschälchen des Galvanometers eintauchen zu können.

36) Auch die stärkste Magnetisirung brachte nicht die

---

1 Philos. Magaz. Juli 1831. u. Bibl. Univ. Août. 1831. p. 351.

Digitized by Google

geringste Aenderung weder in der Richtung noch in der Stärke des elektrischen Stromes hervor.

37) Rectangel von Wismuth, die in einer Furche eines Sandsteins gegossen waren, zeigten auf ihren längern Seiten immer einen oder mehrere *Neutralpuncte*, neben welchen die Richtung des Stromes wechselte. Merkwürdiger Weise bildete die Stelle, wo der Einguſs des Metalls statt gefunden hatte, allezeit einen solchen Neutralpunct.

38) Ebendieses ergab sich auch mit *elliptischen Ringen* von Wismuth, deren Axen sich etwa wie 1 zu 3 verhielten. Die Einguſsstelle war jederzeit ein Neutralpunct, zu dessen Seiten die Strömung ein- oder mehreremale wechselte. Als Sturgeon an der innern Seite des Ringes mit einer halbrunden Feile ein ziemliches Stück herausfeilte, ohne jedoch denselben zu durchschneiden, bemerkte er mit Verwunderung, daſs nicht nur dadurch die Richtungen der Ströme in den verschiedenen Stellen gänzlich umgekehrt, sondern daſs auch die Intensität der Wirkung wohl auf das Dreifache gesteigert worden war. Das Nämliche fand statt, wenn jene Furche mit einem heiſsen Eisen oder einer Weingeistflamme eingeschmolzen wurde.

39) Sturgeon hatte sich ein groſses Rectangel von Wismuth verschafft. Dieses gab, obwohl immer am nämlichen Puncte erwärmt, ganz ungleiche Abweichungen. Es fand sich, daſs eine geringe Neigung des (im Meridian gehaltenen) Rahmens nach Ost oder West die Nadel nach entgegengesetzten Richtungen ablenkte und daſs die eigentliche Quelle dieser Erscheinungen in einer eigenthümlichen Unregelmäſsigkeit einer Seite des Rectangels lag, an welchem einige Stellen besondere locale Strömungen hervorbrachten. Als man jene Stange aus dem Rectangel herausschnitt, zeigte sich die obere Hälfte ihre Längenrichtung in ihren Wirkungen der untern entgegengesetzt.

40) Ein *Cylinder* aus Antimon von 8 Z. Länge und 0,75 Z. Durchmesser gab, wenn er am einen Ende erwärmt wurde, starke Zeichen von Magnetismus. Dabei blieb die Richtung des magnetischen Stromes immer die nämliche und zog sich vorzüglich durch die rauhesten Stellen der Oberfläche, während die zwischenliegenden Verbindungslinien derselben beinahe neutral waren. Wurde das andere Ende des Cylin-

ders erwärmt, so kehrte auch die Richtung des Stromes um. Die thermomagnetische Wirkung erstreckte sich jedoch nie bis zum kalten Ende hin, sie ging nicht leicht mehr als 4 Zoll über den Punct der Erwärmung hinaus.

41) Bei einem *Konus* aus Antimon von 4,5 Z. Höhe und 2,2 Z. Durchmesser der Grundfläche nahm der Strom, wenn ein Punct der convexen Seitenfläche unfern der Basis erwärmt wurde, seinen Weg immer von der erwärmten Stelle aus über den Scheitel des Konus und kehrte auf der gegenüberliegenden Seite wieder zur Basis zurück. Diese Linie der gröſsten Wirkung spaltet gleichsam den Konus in zwei Hälften. Wird der Konus an der Spitze erwärmt, so ist die Erregung schwach und ihre Richtung ungewiſs.

42) Wurde der Konus parallel mit der Basis durchschnitten, so zeigte der obere Theil die nämlichen Erscheinungen, nur schwächer. Beim untern abgestumpften Theile fand dasselbe statt, und die Wirkung war nahe die nämliche, wenn die Erwärmung an der obern, statt an der untern Grundfläche angebracht wurde.

43) Wismuth zeigt, wenn es in die Form von Cylindern oder Konen gebracht wird, eben diese Erscheinungen, so wie auch seine krystallinische Structur mit derjenigen des Antimons viele Aehnlichkeit hat. Diese letztere wird jedoch bei beiden Metallen durch eine sehr geringe Beimischung von Zinn oder Blei ganz gestört und damit auch zugleich die ihnen eigenthümliche thermomagnetische Entwickelung aufgehoben. Wismuth, im reinen Zustande das positivste Metall der thermomagnetischen Reihe, wird durch wenig Zinn im höchsten Grade negativ; das Umgekehrte findet beim Antimon statt. Ebenso wird auch Zink durch einen Zusatz von Zinn oder Blei ganz unwirksam, und selbst die beiden, für sich so thätigen Metalle, Zink und Antimon, werden in ihrer Verbindung kraftlos und der Bruch dieser Legirung wird so dicht und fein wie Stahl.

VII. Rotations-Magnetismus.

Am 7. März 1825 legte Arago der französischen Akademie die überraschende Entdeckung vor[1], daſs nicht nur

1 Ann. d. Ch. et d. Ph. XXVIII. 325.

elektrische Kräfte und Thermomagnetismus fähig seyen, die Magnetnadel vom Meridiane abzulenken, oder gar sie in Drehung zu versetzen, sondern daſs dieses auch durch unmagnetische Körper sehr verschiedener Art bewerkstelligt werden könne. Wurde eine vollkommen verschlossene Boussole dicht über einer horizontalen Kupferscheibe von nahe mit ihr gleichem Durchmesser gehalten und die letztere um ihre verticale Axe gedreht, so gewahrte man augenblicklich eine Ablenkung der Nadel nach derjenigen Seite, nach welcher hin die Scheibe bewegt wurde, und bei schnellerer Umdrehung ging die zunehmende Ableitung der Nadel in eine förmliche Rotation derselben über, die derjenigen der Scheibe allezeit nachzufolgen schien. Dieser merkwürdige Versuch Arago's war jedoch nicht eine zufällige Entdeckung, sondern eigentlich der umgekehrte anderer Versuche, von denen er im November 1824 jener Versammlung Bericht erstattet hatte[1]. Das Eigenthümliche dieser letztern bestand, wie man später durch indirecte Mittheilung in englischen Journalen[2] erfuhr, in Folgendem. „Eine Deklinationsnadel, welche in einem hölzernen Ringe aufgestellt, von ihrer natürlichen Stellung bis 45° entfernt und dann sich selbst überlassen, 145 Schwingungen machte, bis sie zur Amplitüde von 10° herabgekommen war, machte, in einem Kupferringe aufgestellt, nur 33 Schwingungen, bis sie von 45° Schwingungsweite auf 10° gekommen war. In einem andern leichtern Kupferringe ging für die nämliche Abnahme der Schwingungen ihre Zahl auf 66. Dabei blieben die Schwingungszeiten selbst ungeändert."

Es kommen also hier zweierlei Erscheinungsformen des *Rotations-Magnetismus* in Betracht, von denen die eine der andern voranging. Wenn auch die letztere, als die auffallendere, der Sache den Namen gegeben hat, so gebührt dagegen der erstern, als der mehr elementaren, in der untersuchenden Behandlung der Vorrang, um so mehr, da sie zugleich ihrer Natur nach eine gröſsere Feinheit der Untersuchung zuläſst. Wir werden also erstlich dasjenige, was über die *Schwingungen der Magnetnadel* in der Nähe von Körpern, die nicht

1 Ann. d. Ch. et Ph. XXVII. 363.

2 London Journ. of Science, Literature and the Arts. Nr. XXXVII. 147.

Digitized by Google

zu den magnetischen gerechnet werden, bekannt geworden ist, zusammentragen und diesem die Beobachtungen über die magnetische *Rotation* folgen lassen.

A. Schwingungen einer Magnetnadel über Metallplatten.

Seebeck war der erste, der diese, zwar durch die frühern Versuche Coulomb's und Hansteen's zum Theil angedeuteten, Untersuchungen wieder aufnahm [1]. Eine pfeilförmige Compaſsnadel von 2⅛ Zoll Länge, die auf einer Marmorplatte 116 Schwingungen bedurfte, um von 45° auf 10° herunterzukommen, durchlief eben diese Schwingungsweite in 70 Schwingungen, wenn sie auf eine Zinkscheibe von 5 Zoll Durchmesser und ½ Lin. Dicke gestellt wurde; in 61 Schwingungen auf einer Kupferscheibe, deren Dicke nur 0,3 Lin. betrug. Wurden beide, die Zink- und Kupferscheibe (das Kupfer oben) untergelegt, so bedurfte es nur 46 Schwingungen, und jede neu hinzugelegte Platte verminderte diese Zahl, besonders, wenn das Kupfer der Boussole zunächst lag, wegen seiner gröſsern hemmenden Wirkung. Vier Zink- und vier Kupferscheiben, die letztern oben, reducirten die Schwingungen auf 25, abwechselnd geschichtet (von unten auf Z, K, Z, K...) gaben sie 26 Schwingungen. Auf eben diese Zahl brachte es eine einzelne quadratische Kupferplatte von 0,9 Lin. Dicke und 4⅞ Seite. Eine gröſsere Zahl solcher Platten gab folgende Resultate.

Die Nadel kam von 45° auf 10°

mit	1	Platte	in	26	Schwingungen
-	2	-	-	17½	-
-	3	-	-	14	-
-	4	-	-	13	-
-	5	-	-	12	-
-	6	-	-	12	-

mit 7 bis 45 Platten in beständig 11 Schwingungen.

Zinkplatten von derselben Gröſse, wie die Kupferplatten doch von 2 Lin. Dicke, geben Folgendes.

---

1 S. die Abhandl. der physikal. Classe der Königl. Akad. d. W. in Berlin. J. 1825. S. 71.

1	Platte	51	Schwingungen.
2	Platten	47	-
3	-	42	-
4	-	42	-

Vier Zinkplatten waren an Dicke nahe 9 Kupferplatten gleich, an Gewicht waren 4 Zinkplatten = 5 Kupferplatten. Es ergiebt sich aus diesen Versuchen:

1) Der Widerstand, den die Schwingungen erleiden, ist nicht Folge irgend eines elektrischen Zustandes, indem selbst benetzte Pappscheiben, zwischen die Platten gelegt, keinen andern Einfluſs zeigten, als trockene, nämlich denjenigen, der von der gröſsern Entfernung der Nadel von den Platten herrührte.

2) Diese Hemmung der Schwingungen wächst zwar mit der Zahl der Platten, doch geht dieses nur bis zu einer gewissen Grenze.

3) Die Wirkung der Metalle nimmt im geraden Verhältnisse der Entfernung der Metalle ab.

4) In der Zahl der Schwingungen findet sich bei gleichem Abstande der Boussole von einem Metalle keine Verschiedenheit, es mag zwischen denselben Luft, Glas, Holz oder Pappe sich befinden.

5) Erwärmung der Metallplatten *ändert die Zahl* der Schwingungen nicht.

6) Durch Zunahme der Länge und Breite der Platten über die Länge der Nadel wird ihre hemmende Kraft nicht verstärkt, wohl aber wird sie verringert, wenn die Platten schmäler und kürzer werden, als die Nadel lang ist. Die Oscillationen werden dann wieder gröſser.

7) Schmale Stangen oder Blechstreifen vermindern die Oscillationsweite nur dann, wenn sie im magnetischen Meridiane liegen; in der Richtung von Ost und West sind sie ohne Einfluſs. Eine Kupferstange von 1 F. Länge und 5 Lin. Dicke lieſs, im Meridiane liegend, die Nadel für das angenommene Intervall nur 50 Schw. machen, da sie hingegen in senkrechter Lage auf denselben die 116 Schwingungen der Nadel um nichts verminderte.

8) Zwei solcher Kupferstangen neben einander in Ost und West liegend brachten die Nadel auf 82 Schwingungen,

Digitized by Google

in Nord und Süd gelegt auf 40, die Stäbe über einander gelegt auf 49 Schwingungen.

9) Die Wirkung verschiedener Metalle ordnete sich (abgesehn von ihrer Dicke) nach folgender Reihe, wenn die Nadel 3 Lin. von ihren Flächen abstand.

Sie machte über	Quecksilber	von	2	Lin.	Dicke	112	Schw.
	Wismuth	-	2,0	-	-	106	-
	Platin	-	0,4	-	-	94	-
	Antimon	-	2,0	-	-	90	-
	Blei	-	0,75	-	-	89	-
	Gold	-	0,2	-	-	89	-
	Zink	-	0,5	-	-	71	-
	Zinn	-	1,0	-	-	68	-
	Messing	-	0,9	-	-	62	-
	Kupfer	-	0,3	-	-	62	-
	Silber	-	0,3	-	-	55	-
	Eisen	-	0,4	-	-	6	-

Für sich auf der Marmorplatte oder bloſs in 3½ F. Höhe über dem Fuſsboden schwebend machte die Nadel 116 Schwingungen. Die Platten waren auch an Gröſse ungleich, doch die kleinsten noch um 1 Zoll gröſser, als die Länge der Nadel.

10) Kupferne Ringe, welche die Nadel umgaben, wirkten ungleich schwächer auf dieselbe, als Blechstreifen und Platten unter derselben.

11) Eine Magnetnadel aus Nickel von 2 Z. Länge, die zwischen 45° und 10° 114 Schwingungen machte, erlitt eine geringere Schwächung als die Stahlnadel, die länger und auch schwerer war.

12) Der *Isochronismus* der Schwingungen ist unfehlbar, unter allen Reductionen ihrer Ausdehnung. Die Nadel von 2⅞ Zoll Länge machte über 6 Kupferplatten von 5 Zoll in Kanten und 0,3 Lin. Dicke genau 12 Schwingungen von 45° bis 10° in 20 Sec. 32,6 Tertien.

über einer einzigen dieser Kupferplatten 26 Schw.; von diesen kamen auf 12 Schw. 20 - 29,6 -

über der Marmorplatte, die mit einem Blatte Papier bedeckt war, 120 Schw.; für 12 Schw. 20 - 41,8 -

über einer mit Eisenfeilspänen und

Baumwachs bestrichenen und mit einem Blatte Papier bedeckten Papierscheibe schwebend 60 Schw.
davon 12 Schw. in 20 Sec. 38,6 Tertien.

13) Starke Magnetnadeln erleiden eine weit stärkere Hemmung als leichte. Eine Magnetnadel von 7 Gran, die für sich in 30 Schwingungen die Amplitüde von 45° bis 10° durchlief, machte noch 21 Schwingungen, über 2 solcher Platten 19, über 3 Pl. 17, über 4 und mehr 15 Schwingungen. Hingegen wurde ein Magnetstab von 11 Drachmen = 660 Gran Gewicht und $3\frac{3}{4}$ Zoll Länge von 500 Schwingungen, die er im Freien für jenen Schwingungsraum durchlief, über einer Kupferplatte von 0,8 Lin. Dicke auf 32 Schwingungen heruntergebracht. Ueber 6 Kupferplatten machte er 12 Schwingungen, über 10 Kupferplatten 10, über 20 und 30 Kupferplatten 9 Schwingungen. Beide Nadeln waren bis zur Sättigung magnetisirt.

14) Die hemmende Wirkung der Metalle ist jedem andern gleichförmigen Widerstande, z. B. der Torsion eines Fadens, der Friction an der Gnomonspitze der Boussole, zu vergleichen, welche ebenfalls die Schwingungsweite vermindern, ohne den Isochronismus zu stören. Eine $8\frac{3}{4}$ Zoll lange Brander'sche Deklinationsnadel durchlief, auf einer Stahlspitze schwebend, die Bogenschwünge von 45° bis 10° in 12 Schwingungen; diese vollbrachte sie in 72 Sec. 34 Tert. Eben diese Nadel, horizontal an Coconfaden aufgehängt, bedurfte 103 Schwingungen, bis ihre Amplitüde von 45° auf 10° vermindert war. Zwölf solcher Schwingungen machte sie in 72 Sec. 12 Tertien.

15) Nicht bloſs die Schwingungen der Magnetstäbe in der horizontalen Ebene, auch die in der verticalen (die eigentlichen Pendelschwingungen) werden durch die unter ihnen liegenden Metalle je nach der Natur und der Masse der letztern vermindert, jedoch ohne ihren Isochronismus einzubüſsen. Ein Magnetstäbchen von $4\frac{1}{2}$ Zoll Länge, an einem Seidenfaden unter einer $22\frac{1}{2}$ Zoll hohen Glasglocke aufgehängt, machte über einer horizontalen Marmorplatte, von welcher beide Pole des Magnetstabes $2\frac{1}{2}$ Lin. entfernt waren, 100 Pendelschläge in der magnetischen Aequatorial-Ebene, wobei der Stab immer im Meridiane gerichtet blieb, in Zeit von 71 Sec. 55 Tertien. Eben dieses Stäbchen über 3 runden Kupferplatten, von 10 Zoll Durchmesser und einer Gesammtdicke von $6\frac{1}{2}$ Lin., und zwi-

schen zwei vertical gestellten Kupfermassen, von 25 □Zoll Fläche und 8 Lin. Dicke, so gestellt, daſs seine Pole von den Kupfermassen überall nur 2½ Lin. abstanden, machte 100 Pendelschläge in 72 Sec. 1 Tertie. Allein es kam im letztern Falle schon nach 150 Schwingungen zur Ruhe, während es im erstern über 900 Schwingungen machte, ehe es dem bloſsen Auge zu ruhen schien.

Die Erklärung dieser Erscheinungen, die durch die spätern Untersuchungen von Nobili und Bacelli, von Babbage, Herschel, von Colladon und Prevost und von Baumgartner nur unbedeutend vermehrt wurden, beruht nach Seebeck ganz einfach auf einem *Magnetismus durch Vertheilung*, der durch die Kraft der schwingenden Nadel in den unter ihr liegenden Metallen hervorgerufen wird. Jeder Punct der Fläche unter der Nadel erhält die ihr entgegengesetzte Polarität und strebt in Folge derselben die Nadel über dieser Stelle festzuhalten, und so setzt sich die Nadel selbst eine Hemmung, deren in jedem Momente fortgesetzte Wirkung ihre Bewegungskraft in dem Maſse absorbirt, als das untergelegte Metall eines gröſsern oder geringern Magnetismus fähig ist.

Es erklärt sich hieraus a) die in Nr. 10. angeführte schwächere Wirkung der umgebenden kupfernen Ringe im Gegensatze zu untergelegten Platten. Denn da in den letztern die Nadel in ihrer ganzen Länge auf der Kupferfläche jenen hemmenden Einfluſs hervorruft, so wird sie stärker zurückgehalten, als da, wo nur ihre Endspitzen wirksam werden können. Eben deswegen wird

b) die hemmende Kraft nach Nr. 6. nicht vergröſsert, wenn die Länge und Breite der Platten gröſser ist, als die Länge der Nadel, weil in dem überragenden Theile weder eine Erregung von Magnetismus, noch eine Rückwirkung auf die Nadel statt finden kann. Das Umgekehrte muſs bei allzukleinen Platten eintreten, wo nur die Mitte der Nadel wirksam werden kann. S. auch Nr. 7.

c) Mit der Vermehrung der Metallmasse nimmt auch (Nr. 2.) die Hemmung zu, jedoch nur bis zu einer gewissen Grenze, welche nach Nr. 13. von der magnetischen Kraft der Nadel selbst abhängig ist. Eben deswegen war auch die Hemmung bei der aus Nickel bereiteten Nadel geringer (Nr. 11.).

Digitized by Google

d) Die Hemmung nimmt ab mit der Entfernung (Nr. 3.), weil in eben dem Maſse auch die magnetische Erregung in der Platte abnimmt.

e) Obwohl die magnetische Kraft der Erde im Eisen überhaupt einen Magnetismus hervorruft, so war dieser einerseits beträchtlich geringer, als derjenige, der durch die nahe Magnetnadel erregt wurde, andererseits konnte er nicht in breiten Flächen, sondern nur in Streifen sich wirksam zeigen, welche, in Ost und West liegend ohne Einfluſs, im magnetischen Meridiane hingegen durch den Erdmagnetismus eine bestimmte Polarität und zwar die nämliche, wie die Nadel selbst hatte, annahmen. Statt Anziehung muſste daraus Abstoſsung der Nadel, mithin eine verminderte Hemmung erfolgen, wie dieses auch der Versuch bestätigte. Denn ein 7 Lin. breiter und 8 Zoll langer, gänzlich unpolarer Streifen von demselben Eisenblech, das in Nr. 9. die Schwingungen der Nadel zwischen 45° und 10° auf 6 reducirt hatte, lieſs sie nun nicht unter 98 herabkommen, während ein Kupferstreifen von denselben Dimensionen sie bis auf 50 erniedrigte.

Merkwürdig ist das Verhalten einiger Alliagen in Beziehung auf die hier betrachtete Hemmung der Magnetnadel, indem zwei Metalle zuweilen das Vermögen, durch Vertheilung magnetisch zu werden, in einander aufheben. So machte z. B. die Nadel, welche über einer Eisenplatte zwischen 45° und 10° nur 6, über Antimon 90 Schwingungen vollendete, über einer an Volumen der Antimonscheibe gleichen Legirung von 4 Theilen Antimon mit 1 Theil Eisen volle 116 Schwingungen, ganz wie im ungebundenen Zustande. Eben dieses war auch der Fall bei einer Legirung von 3 Theilen Kupfer mit 1 Theil Antimon. Gleiche Theile von Kupfer und Antimon oder ein Ueberschuſs des letztern verminderten die Schwingungen. Aehnliche Wirkung zeigen die Alliagen von Kupfer und Wismuth und noch besser 2 Theile Kupfer mit 1 Theil Nickel. Seebeck macht hierbei die praktisch nützliche Bemerkung, daſs, wo man sehr bewegliche und lange oscillirende Nadeln bedürfe, Nickelnadeln in Kapseln von Holz oder einem Alliage von Kupfer und Nickel die tauglichsten seyen, daſs man aber, wenn man Nadeln bedürfe, die sich schnell in den magnetischen Meridian stellen sollen, starke magneti-

Digitized by Google

sche Stahlnadeln anwenden und diese in kupferne Kapseln mit dickem Boden einschlieſsen müsse.

Die Versuche von Nobili und Bacelli[1] bestätigten im Allgemeinen die von Arago angezeigte Wirkung der Metalle auf die Magnetnadel; dagegen ergab sich aus denselben zugleich, daſs nicht metallische Körper, als Glas, Holz u. dgl., keinen Einfluſs auf die Nadel ausübten. Arago[2] bestritt diese Behauptung und zeigte durch genaue Versuche das Gegentheil. Eine horizontale Magnetnadel, die 0,65 Millimeter (0,29 Lin.) von einer Wasserfläche abstand, verlor 10° Amplitüde (von 53° bis 43°) in 30 Schwingungen, bei 52,2 mm (23,05 Lin.) Abstand gebrauchte sie zum nämlichen Verluste 60 Schwingungen.

Ueber Eis machte die Nadel von 53° bis 43° Amplitüde

bei	0,70 mm	0,31 Lin.	Abstand	26	Schwingungen
-	1,26 -	0,55 -	-	34	-
-	30,5 -	13,5 -	-	56	-
-	52,2 -	23,1 -	-	60	-

Eine andere Nadel machte über einer Platte von Crownglas für das Intervall von 90° bis 41°

bei	0,91 mm	0,41 Lin.	Abstand	122	Schwingungen
-	0,99 -	0,43 -	-	180	-
-	3,04 -	1,34 -	-	208	-
-	4,01 -	1,80 -	-	220	-

Baumgartner[3] fand mit einer Nadel von 3 Zoll Länge über verschiedenen Holzarten folgende Schwingungszahlen für eine Abnahme der Bogen von 20° auf 10° bei 1 Lin. Abstand von einer drei Zoll im Durchmesser haltenden Scheibe

von	Fichtenholz	6 Lin.	dick	78	Schwingungen
	-	4½ -	-	82	-
-	Ahorn	6 -	-	79	-
-	-	1½ -	-	83	-
-	Eichen	6 -	-	74	-
-	-	½ -	-	81	-
-	Weizenbrot	3 -	-	89	-

1 Bibl. Univ. XXXI. 45.

2 Ann. d. Ch. et d. Ph. XXXII. 213.

3 Zeitschr. f. Phys. u. Mathem. II. 419.

Digitized by Google

In der Entfernung von 6 Wiener Zoll vom hölzernen Boden des Cylinders erfolgte diese Verminderung nach 106 Oscillationen.

Mit einer sehr sorgfältig aufgehängten 3zolligen Nadel, die 25 Schwingungen in 80¾ Sec. vollendete und von 18° bis 9° Amplitüde 108 Schwingungen erforderte, fand Baumgartner über einer 2 Lin. dicken Kupferscheibe von 3 Zoll Durchmesser bei 1 Lin. Entfernung 7 Schwingungen

Durchmesser bei	1 Lin.	Entfernung	7	Schwingungen
-	3,3 -	-	29	-
-	5,6 -	-	61	-
-	7,9 -	-	88	-

Ueber einer Kupferscheibe von 0,8 Lin. Dicke fand er bei denselben Entfernungen 11, 47, 71, 96 Schwingungen; über einer Zinkscheibe von 0,3 Lin. Dicke bei 1 Lin. Abstand 42 Schw., bei 3,3 Lin. 79 Schw.

Die Versuche, welche Baumgartner über die Abnahme der Wirkung durch gröſsere Entfernung und über den Einfluſs der Dicke der Scheiben anstellte, bestätigen ganz die oben aufgestellten Sätze von Seebeck. Auch Baumgartner ist der Meinung, daſs eine Plattenmenge, die für eine schwache Magnetnadel keine erhöhte Wirkung mehr zulieſs, bei Anwendung einer stärkern mehr Thätigkeit zeige, weil von der stärkern Nadel mehr Magnetismus in ihr erweckt werde, und er hat dieses auch durch einen directen Versuch dargethan. Mangel an Continuität vermindert ebenfalls die hemmende Kraft. Eine Platte, die für eine Amplitüde von 10 Grad 8 Schwingungen gebraucht hatte, bedurfte deren 10, als sie in der Richtung des Durchmessers durchschnitten und die Stücke genau neben einander gelegt wurden. Jede Hälfte für sich gab 22 Schwingungen.

Neu ist die Bemerkung Baumgartner's, daſs die Schnelligkeit, mit welcher die Schwingungen vor sich gehn, auf die hemmende Wirkung bedeutenden Einfluſs habe. Eine 3zollige Nadel, so schwach magnetisirt, daſs sie zu 25 Schwingungen 9 M. 58 Sec. Zeit bedurfte, wurde an einem bandförmig gewalzten Messingdrahte aufgehängt, so daſs sie nun, ohne mehr Magnetismus zu haben, die 25 Schwingungen in 2 M. 20,6 Sec. durchführte. Sie erreichte eine Verminderung des halben Schwingungsbogens von 20° auf 10° im Freien nach 160, in der Nahe der Kupferplatten nach 64 Oscillationen.

Digitized by Google

Die Elasticität des Metallfadens bewährte sich als treffliches Mittel, auch die feinsten Magnetismen auszuspüren. Eine Kupfernadel, die der gebrauchten Stahlnadel vollkommen glich, an einem solchen Drahte aufgehängt, brauchte, um den Schwingungsbogen von 70° bis 60° zu durchlaufen, im Freien 15 Schw., über Kupfer schwingend nur 12 derselben. Eine andere ganz dünne Kupfernadel von rhomboidalischer Form kam von 70° auf 50° für sich nach 29 Schwingungen, über einer dicken Kupferscheibe schon nach 23.

Neuerlich hat Saigey[1] aus sorgfältigen Versuchen das merkwürdige Gesetz abgeleitet, *daſs die hemmenden Wirkungen einer unter die Nadel gelegten Metallscheibe in geometrischer Reihe abnehmen, wenn die Entfernung von der Nadel in arithmetischer Reihe zunimmt.* Er zeigt, daſs die Hemmwirkung y durch folgende Formel dargestellt wird, wenn a den Werth der ersten Beobachtung für die Einheit der gemessenen Entfernung der Scheibe von der Nadel, x diese Entfernung selbst und b den Quotienten der geometrischen Reihe oder das Verhältniſs zweier um eine Einheit der Entfernung von einander abstehenden Hemmwirkungen bezeichnet:

$$y = a : b^{1-x}.$$

Drei Kupferscheiben A, B, C von 156 Millimeter (5,75 Zoll) Durchmesser bestätigten die Richtigkeit dieser Formel. A hatte 0,98 mm (0,42 Lin.), B = 1,09 mm (0,49 Lin.), C = 1,21 mm (0,53 Lin.) Dicke. Die Nadel, 41 mm (1½ Zoll) lang und 1 mm dick, war unter einer Glasglocke an einem Seidenfaden aufgehängt. Wir setzen die übereinstimmenden Beobachtungen der Platten B und C her. Die Nadel machte für sich folgende Schwingungen: zwischen 50° und 30° 29 Schwingungen; zwischen 30° und 10° 67 Schwingungen und zwischen 50° und 10° 96 Schwingungen.

---

1 Bulletin des Sciences etc. Juillet. 1828. p. 33. Poggendorff Ann. XV. 88.

Digitized by Google

Hemmwirkungen der Scheiben B und C.

	Zw. 50° u. 30°		Zw. 30° u. 10°		Zw. 50° u. 10°	
Entfernung.	Beobacht.	Berechn.	Beobacht.	Berechn.	Beobacht.	Berechn.
1mm	24,0	24,0	56,0	56,5	80,0	80,5
2	19,0	19,0	45,0	44,7	64,0	63,7
3	15,0	15,0	36,0	35,4	51,0	50,4
4	12,0	11,9	28,0	28,0	40,0	39,7
5	9,5	9,4	21,5	22,1	31,0	31,5
6	7,5	7,4	17,0	17,5	24,5	24,9
7	6,0	5,9	13,5	13,9	19,5	19,7
8	5,0	4,7	11,0	11,0	16,0	15,6
9	4,0	3,7	9,0	8,7	13,0	12,4
10	3,2	3,9	6,8	6,9	10,0	9,8
11	2,5	2,3	5,5	5,4	8,0	7,7
12	2,0	1,8	4,2	4,3	6,2	6,1
13	1,5	1,4	3,0	3,4	4,5	4,8

Hier hat also a die für 1mm Entfernung beobachteten Werthe 24,0; 56,0; 80,0; b ist überall = 1,264. Die jeder Entfernung entsprechende Schwingungszahl erhält man, wenn man den Werth der Tafel von der Zahl der Schwingungen im Freien abzieht. Saigey hat seine Formel bestätigt gefunden an 3 Kupferscheiben, einer Zink-, einer Zinn- und einer Bleischeibe[1].

B. Ablenkung einer Magnetnadel durch rotirende Metallplatten.

Diese Erscheinung ist eigentlich eine bloſse Umkehrung des bisher betrachteten Experiments. Der in einer Metallscheibe unter der Nadel erregte Magnetismus strebt diese festzuhalten, und da die Scheibe sich dreht, so muſs die Nadel

1 Sie scheint jedoch auf die vorhin angeführten Versuche Baumgartner's keineswegs anwendbar zu seyn. Denn man hat für die Entfernungen

1,0	die Werthe von y = 107	und für die dünnere Kupferscheibe	97
3,3	- - - 79	- - - - -	61
5,6	- - - 47	- - - - -	37
7,9	- - - 20	- - - - -	12

und obgleich die Abstände 3,3; 5,6; 7,9 eine arithmetische Reihe mit der Differenz 2,3 bilden, so sind doch die entsprechenden Gröſsen 79, 47, 20 oder 61, 37, 12 weit von der Form einer geometrischen Reihe entfernt.

folgen. Noch ehe Arago diese sinnreiche Anwendung seiner früheren Entdeckung bekannt gemacht hatte, hatten die englischen Physiker, namentlich Barlow, die Wirkungen einer drehenden Bewegung bei Eisenmassen in Untersuchung genommen, doch ohne dieselben auf den im Kupfer zu erregenden Magnetismus auszudehnen. Das Letztere fand erst im April des Jahres 1825 statt, als man in England durch Gay-Lussac's Ankunft in London von Arago's Versuche Kunde erhalten hatte. Von einer Prioritäts-Frage, die Brewster zu Gunsten Barlow's gegen Arago erheben wollte, kann also hier um so weniger die Rede seyn, als das Object der Untersuchung bei beiden wesentlich verschieden war, indem der eine es hauptsächlich mit Wirkungen des Erdmagnetismus, der andere mit dem schwachen Magnetismus durch Vertheilung zu thun hatte. Folgende Darstellung mag sowohl zur Beleuchtung des Gegenstandes an sich, als zur Beseitigung jener Nebenfrage die nöthigen Angaben liefern.

Im December 1824 hatte Marsh in Woolwich auf das Ansuchen Barlow's als Folge seiner Forschungen über den Magnetismus der Eisenmassen zuerst eine eiserne Haubitzgranate an einer Drehbank des königlichen Arsenals angesteckt und durch deren schnelle Umdrehung eine starke Abweichung einer daran gehaltenen Compaſsnadel bewirkt. Spätere Versuche mit einer 12zolligen Bombe, bei denen Barlow selbst zugegen war, zeigten dieses noch auffallender und lieſsen zugleich gewisse Stellungen der Nadel an der Kugel erkennen, wo diese Abweichung Null war, und andere, wo sie auf die entgegengesetzte Seite überging. So wie die Kugel still stand, hörten augenblicklich alle Abweichungen auf, und wenn sie in umgekehrter Richtung bewegt wurde, so wechselte auch die Nadel den Sinn ihrer Ablenkungen. Bei gleichförmiger Bewegung der Kugel hielt auch die Nadel in jeder Lage festen Stand ohne Zittern oder Schwanken.

Barlow, eine Einwirkung des eisernen Gestelles befürchtend, erbaute nun ein solches von Holz, ähnlich einer Elektrisirmaschine, an welchem eine 8zollige Bombe von 30 Pfund Gewicht nach zwei Richtungen um eine horizontale Axe mit einer Geschwindigkeit von 720mal in der Minute gedreht werden konnte. Ein Träger, mit einem halbkreiſsförmigen Gerüste versehn, erlaubte die Boussole allenthalben der Kugel

Digitized by Google

nahe zu bringen. Alles war solid gebaut und frei von Erschütterung. Die Nadel wurde nun in der Höhe der Axe im Horizont um die Kugel herumgeführt. Ihr Nordpol näherte sich der Bombe in jedem Azimuth, wenn die Bewegung den obern Theil der Kugel zur Nadel herunterführte; kam die Bewegung aufwärts gegen die Nadel, so wurde der Südpol angezogen.

Führte man die neutralisirte Nadel in einem Verticalkreise um die Bombe, parallel mit der Drehungsaxe, so stellte sie sich bei 54° Höhe über dem Horizonte der Kugel senkrecht auf die Axe, und ihr Nordpol ward in einer Richtung abgelenkt, die der des Rotirens entgegen war. Von 54° bis 90° oder dem Zenith schlug die Nadel um 180° um, so daſs ihr Nordpol nun der Richtung der Drehung folgte. So blieb sie bis zu 54° Höhe im jenseitigen Verticalkreise, wo sie dann wieder ihre vorige Stellung annahm. Ein Gleiches hatte auch unter dem Horizonte statt und bei 54° Depression trat auch der nämliche Wechsel ein. Die 54ger Grade über und unter dem Horizonte bildeten also vier Wendepuncte der Nadel, ohne weder durch umgekehrte Drehung, noch durch eine andere Orientirung der Rotationsaxe verändert zu werden. Zur vollständigen Wirkung wurde jedoch eine Geschwindigkeit von wenigstens 600 Umläufen in der Minute erfordert. Es ist also nur die Umdrehung, was der Bombe eine magnetische Kraft ertheilt, und diese verschwindet, so wie die Bewegung aufhört. So weit gingen Barlow's Arbeiten im December 1824 und im April des folgenden Jahres fing er an, auch auf Arago's Versuche seinen Drehungsapparat anzuwenden. Er trug zu dem Ende

1) die Bewegung auf eine verticale Axe über, die 45mal in der Secunde umlaufen konnte, befestigte auf derselben eine dünne Kupferscheibe von 6 Zoll Diameter und sah bei der Drehung die in einer Dose verschlossene 5 Zoll lange Nadel um 5 Puncte oder 57°,5 nach der Richtung der Rotation abweichen, doch ohne sie zu einem ganzen Umlauf zu bringen. Als sie aber mittelst eines angebrachten Magnetstabes neutralisirt worden war, erlangte sie eine schnelle Umdrehungsbewegung. Mit einer gröſsern und schwerern Kupferscheibe erlangte man dasselbe Resultat, ohne die Nadel neutralisiren zu müssen.

Digitized by Google

2) Brachte man, nach Arago's Vorschlage, eine Eisentafel zwischen Nadel und Kupferplatte, so war alle Wirkung aufgehoben.

3) Nach Ampère's Behauptung sollte eine sternförmig ausgeschnittene Kupferscheibe bei der Umdrehung keinen Effect hervorbringen. Barlow fand aber, daſs die Wirkung nur im Verhältnisse des weggenommenen Metalls vermindert wurde.

4) Eine Zinkplatte gab eine etwas kleinere, eine Eisenplatte eine bedeutend stärkere Wirkung, als die Kupferscheibe.

5) Eine Kupfernadel statt der stählernen in die Büchse verschlossen zeigte über der Kupferscheibe nur ungewisse Bewegungen, die man nicht gerade der Umdrehung zuschreiben durfte.

6) Ebenso blieb eine Kupferscheibe, die über der gedrehten Platte desselben Metalls an einem Faden aufgehängt wurde, ohne Bewegung; dasselbe geschah über einer Eisenplatte.

7) Wurde ein Magnetstab, etwas kürzer als die Kupferscheibe, auf die drehbare Axe horizontal befestigt, so folgte jene sogleich seiner Bewegung. Beide waren durch ein zwischengelegtes Papier getrennt.

8) Ein ziemlich schwerer Hufeisenmagnet, mittelst eines Fadens an der Decke aufgehängt, gerieth über der gedrehten Kupferscheibe sogleich in Kreisbewegung; auch hier diente ein Papierblatt zur Abhaltung des Luftzuges.

9) Drehte man die Kupferscheibe in verticaler Richtung, so gab die Nadel in keiner Lage eine Bewegung zu erkennen. Wurde sie dann neutralisirt und einer ihrer Pole gegen die Scheibe gehalten, so folgte er der Richtung der Bewegung, es mochte der Nord- oder Südpol seyn. In der Verlängerung der Drehungsaxe blieb die Nadel ohne Bewegung.

10) In der Ueberzeugung, daſs nicht die Rotation, sondern ein sehr geringer Magnetismus im Kupfer und den angeregten Stoffen die Ursache dieser Erscheinungen sey, versuchte Barlow mit dem einen Ende einer Kupferstange eine sorgfältig neutralisirte Nadel vom Meridiane abzulenken. Die Anziehung war sichtbar und die Nadel folgte um einige Grade. Indem er nun den Stab zurückzog und ihn, sowie die

Oscillation sie zurückführte, der Nadel wieder zuhielt, vermochte er sie nicht nur einige Grade weiter zu entführen, sondern durch dieses abwechselnde Spiel die Ablenkung in einen völligen Umschwung zu verwandeln. Einige andere Kupferstangen gaben das nämliche Resultat; doch gab es welche, die, obwohl von derselben Gestalt und Gröſse, so gut als keine Wirkung hervorbrachten.

11) Noch verdient hier ein Versuch von Sturgeon in Woolwich erwähnt zu werden, weil er zeigt, daſs hier wirklich magnetische *Polarität* und keineswegs, wie man anfangs glaubte, die Wirkung irgend eines widerstehenden Mittels im Spiele sey. Eine leichte Kupferscheibe von 5 bis 6 Zoll Durchmesser, die in verticaler Richtung sich leicht drehen konnte, wurde durch ein am Rande befestigtes Gewicht zum Oscilliren eingerichtet. Man erhob nun das Gewicht bis zur Höhe der Axe und zählte die Schwingungen, bis die Scheibe zur Ruhe kam. Hierauf wurde der Versuch wiederholt, während der schwerere Theil der Scheibe sich zwischen den Polen eines Hufeisen-Magnetes befand. Die Zahl der Schwingungen wurde dadurch wenigstens um die Hälfte vermehrt. Hielt man aber statt des Hufeisens die gleichnamigen Pole zweier Magnetstäbe hin, so hörte alle Wirkung auf.

An diese Versuche schlieſsen sich die Resultate an, welche Prevost und Colladon[1] mit einer Vorrichtung, die der Arago's ähnlich war, erhalten hatten.

12) Eine Scheibe, die aus spiralförmig gewundenem Kupferdrahte gebildet war, übte eine bedeutend kleinere Wirkung auf die Magnetnadel aus, als eine ganze Scheibe desselben Metalls bei derselben Gröſse und einerlei Gewicht.

13) Eine mit Blei umgebene Glasplatte, ein Zinnblättchen, das auf Holz ausgebreitet war, lenkten beim Rotiren die Nadel merklich ab. Holz und Schwefel für sich blieben ohne Wirkung. Eben dieses war auch mit Tritoxyd des Eisens der Fall.

14) Eine hart gehämmerte Kupferplatte wirkte stärker als eine ausgeglühte.

15) Ein Schirm aus Kupfer oder aus Kupfer und Zink,

---

1 Bibl. Univers. Vol. XXIX. p. 316. und Baumgartner's Zeitschr. I. 139.

Digitized by Google

der zwischen die Magnetnadel und die gedrehte Scheibe gebracht wurde, verminderte ihre Wirkung, ohne sie ganz aufzuheben, und zwar desto mehr, je dicker er war und je näher er der Magnetnadel stand. Ein gläserner Schirm blieb ohne Einfluſs.

16) War der metallene Schirm mit einer Oeffnung versehn, deren Durchmesser der Länge der Nadel gleich war, so war sein Effect beinahe derselbe.

17) Ein im Mittelpuncte eines kupfernen Cylinders vertical aufgehängter Magnet blieb unbeweglich, welches auch die Richtung oder die Geschwindigkeit der Drehung des Ringes seyn mochte.

18) Fügte man zwei gleiche und gleich magnetisirte Nadeln in gleichem Sinne neben einander zusammen, so wuchs die Ablenkung; vereinigte man sie mit den ungleichnamigen Polen, so blieb alle Wirkung aus.

19) Wurden zwei kleine ähnliche Magnete auf den Enden eines horizontal schwebenden Hebels so befestigt, daſs ihre gleichnamigen Pole in der Mitte zusammentrafen, so drehte sich dieses System sogleich wie die Scheibe. Wurde einer der Magnete umgekehrt, so war damit auch alle Wirkung aufgehoben.

20) Eine Nadel, so magnetisirt, daſs ihre Enden gleichnamige Pole erhielten, bewies sich für gedrehte Scheiben am empfindlichsten. Diese wurde auch bei den feinsten Versuchen vorzugsweise angewandt.

21) Sorgfältige Versuche, um den Einfluſs der Geschwindigkeit sowohl, als des Abstandes zu bestimmen, zeigten, daſs die Ablenkungswinkel selbst (und nicht ihre Sinus) wenigstens innerhalb gewisser Grenzen im geraden Verhältnisse der Geschwindigkeiten zunehmen und daſs hingegen die Sinus dieser Winkel im umgekehrten Verhältnisse der 2,2 Potenz der Entfernung wachsen. Man bediente sich zu dieser Bestimmung solcher Scheiben, deren Diameter gegen die Länge der Nadel sehr groſs war.

Nobili's und Bacelli's Versuche[1] gaben für die Ablenkung der Magnetnadel durch gedrehte Scheiben verschie-

1 Bibl. Univ. XXXI. 47. Baumgartner's Zeitschr. I. 143.

Digitized by Google

dener Metalle bei gleicher Geschwindigkeit und Entfernung ſolgende Reihe.

22) Die Nadel wurde abgelenkt

von einer Scheibe aus	Kupfer	um	55°
	Zink	-	14°
	Messing	-	11°
	Zinn	-	10°
	Blei	-	8°.

23) Die Temperatur hatte auf die Resultate keinen Einfluſs (s. oben Seebeck's Versuche Nr. 5.). Selbst die Erhitzung durch eine untergesetzte Lampe brachte keine Aenderung hervor.

24) Durchbrochene Scheiben wirkten schwächer im Verhältnisse der weggenommenen Metallmasse (s. Nr. 3. u. 12.).

25) Zwei Magnetstäbe, um die verticale Axe gedreht, setzten eine Kupferscheibe (Nr. 18.) und sogar, obwohl mit Mühe, eine Kupfernadel in Umdrehung, doch war es nicht möglich, bloſs durch die Kupferscheibe diese letztere in Bewegung zu setzen.

26) Eine kupferne Röhre, um einen Eisenstab in Drehung gesetzt, brachte keine Wirkung hervor.

27) Schlechte Leiter, wie Glas, Holz, Harz, Pappe, im trocknen oder feuchten Zustande, zeigten nicht den mindesten Einfluſs auf eine äuſserst empfindliche, neutralisirte Nadel. Man vergleiche hiermit die Behauptung von Arago und Baumgartner's Versuche in der Rubrik A. (Welchen Antheil übrigens an den letztern Versuchen, zumal bei Glas und Holz, die anklebende Feuchtigkeit habe, muſs erst durch genauere besondere Untersuchungen ausgemacht werden.)

Babbage und Herschel hatten bei ihrer Wiederholung des von Arago aufgestellten Experimentes ein dem seinigen entgegengesetztes Verfahren eingeschlagen. Statt schwacher Nadeln wählten sie einen starken Hufeisen-Magnet, ertheilten demselben eine schnelle Rotation und beobachteten die nachfolgenden Drehungen der über ihm aufgehängten Metallstücke.

28) Sie erhielten deutliche Zeichen von Magnetismus an Platten von Kupfer, Zink, Silber, Zinn, Blei, Spieſsglanz. Quecksilber, Gold, Wismuth und Kohlenstoff, in dem Zustande, wie er bei der Bereitung des Kohlenwasserstoffgases ausgeschieden wird. Beim Quecksilber war man der Abwe-

Digitized by Google

senheit des Eisens völlig gewiſs. Andere Substanzen, wie Schwefelsäure, Harz, Glas und alle Nichtleiter der Elektricität, zeigten keine Spur einer magnetischen Wirkung.

29) Metallscheiben, sternförmig ausgeschnitten, wurden in ihrer Wirkung auf die Nadel geschwächt (Nr. 3. und 24.). Wird aber das abgeschnittene wieder angelöthet, selbst mit einem Metalle von geringer magnetischer Wirkung, so stellt sich die magnetische Aeuſserung gröſstentheils wieder her.

30) Die magnetische Wirkung der umgedrehten Scheiben wächst im umgekehrten Verhältnisse der Abstände, und zwar nicht constant, sondern zwischen der zweiten oder dritten Potenz wechselnd. Eben dieses fand auch Christie für den Fall, wo ein groſser Magnet unter einer dünnen Kupferplatte in Bewegung gesetzt wird.

31) Christie's spätere Versuche[1] über die Verminderung der rotirenden Fläche durch Ausschneiden zeigen, daſs die Stelle, wo die Continuität unterbrochen wird, wesentlich in Betracht kommt und daſs die Schwächung desto gröſser ist, je näher der Ausschnitt dem Orte ist, unter welchem sich die Magnete bewegen. Eine Scheibe, aus bloſs concentrischen Ringen bestehend, würde sehr geringe Wirkung thun (s. Nr. 12.).

32) Die Stelle, wo ein unter der aufgehängten Kupferscheibe um eine verticale Axe gedrehter Magnet den stärksten Magnetismus erregt, liegt nach Christie bei der Kupferscheibe von 8,4 Zoll Durchmesser auf 2,07 Zoll vom Centrum, d. h. so ziemlich in der Mitte zwischen dem Centrum der Scheibe und ihrer Peripherie. Dieses stimmt mit Arago's Versuchen überein, welcher fand, daſs eine Neigungsnadel sich über dem Centrum einer gedrehten Kupferscheibe, sowie über einer dem Rande näheren Stelle vertical halte, in den zwischenliegenden Räumen aber mit ihrem untern Theile beständig nach der Mitte hingewiesen werde.

Aus den angeführten zahlreichen Versuchen geht unzweideutig hervor, daſs auch hier der Magnetismus durch Vertheilung das Hauptagens dieser Drehungen ausmache und daſs, wie schon bemerkt, die Rotation nur die Folge einer gewissen Festhaltung sey, welche ein magnetischer Körper auf

1 Philos. Trans. 1827. und Baumgartner's Zeitschr. IV. 93.

Digitized by Google

solche Stoffe ausübt, in denen überhaupt ein Magnetismus erregt werden kann. Ob dieses von einem kleinen Antheile regulinischen Eisens, im Kupfer und den angeführten Metallen, oder einem gewissen Aggregatzustande ihrer Molecülen, der demjenigen des Eisens ähnlich wäre, herzuleiten sey, ist schwer auszumachen. Das Ganze scheint eine Wirkung an der bloſsen Oberfläche zu seyn (Nr. 29.) und die Anziehung sich mehr über ganze Räume zu verbreiten, nicht aber in einzelnen Puncten zu haſten, ein Umstand, der eben die Continuität der Fläche zu einer wesentlichen Bedingung der Wirkung macht. Vielleicht ist die magnetische Materie zum Theil ein meteorisches Fluidum, das, gleich der Elektricität und vielleicht mit ihr, in der Atmosphäre beständig, obwohl im gebundenen Zustande vorhanden, von den Oberflächen einiger Körper in verschiedenem Maſse angezogen und festgehalten wird, bereit, durch jeden idiomagnetischen Körper augenblicklich polarisch zerlegt zu werden[1]. Diese letztere Vorstellungsart wird besonders durch das magnetische Verhalten des Quecksilbers (nach Herschel und Babbage Nr. 28.), bei welchem die beiden erstern Erklärungen nicht zulässig sind, und durch die Unerregbarkeit der elektrischen Nichtleiter, Glas, Harze, Holz, Schwefel u. s. w., (Nr. 27 und 28.) sehr unterstützt[2]. Dagegen scheint der Versuch 14. der Genfer Physiker, nach welchem eine gehämmerte Kupferplatte stärker wirkte, als eine ausgeglühte, (in Uebereinstimmung mit den früher angeführten Wahrnehmungen Cavallo's) mehr für die erste Voraussetzung, nämlich eine kleine *Beimischung von Eisen*, zu sprechen. Als eine Eigenthümlichkeit der magnetischen Wirkung verdient noch der Umstand herausgehoben zu werden, daſs selbst eine bedeutende Erhitzung, wie z. B. die von einer untergesetzten Lampe (Vers. Nr. 23. und oben A. Nr. 5.), sie nicht im mindesten schwächte; ebenso auffallend ist die auch hier bestätigte Permeabilität des Glases für das magnetische Fluidum, selbst bei einer so geringen Intensität

---

1 S. den Art. *Abweichung der Magnetnadel.* Bd. I. S. 146.

2 Arago's oben in A. angeführte Versuche mit Glas und Eis können die von Herschel und Nobili gemachten Erfahrungen wohl nicht ganz entkräften, da sie in einer solchen Nähe an den Oberflächen gemacht worden sind, daſs schon die anhängende Luft eine hemmende Wirkung ausüben muſste.

desselben (Nr. 15. und Thermomagnetismus 17., desgleichen die über die Permeabilität oben angeführten Versuche von Harris. III. 3.).

VIII. Transversalmagnetismus.

Unter diesem Namen stellte, bald nachdem Oersted's Entdeckung die Thätigkeit der Physiker in Anspruch genommen hatte, der für theoretische und praktische Naturforschung immer thätige Prechtl[1] in Wien eine neue Ansicht der magnetischen Wirkungen auf, um durch dieselben eine Erklärung der neuen Erscheinungen zu begründen, die, mehr auf das Wesen des Magnetismus selbst zurückgeführt, weniger auffallend seyn muſste, als die Spiralbewegungen Oersted's und Ampère's. Wenn man einen etwas breiten Stahlstreif so magnetisirt, daſs er auf der einen Längenkante in ihrer ganzen Ausdehnung nur Nordpolarität, auf der andern nur Südpolarität erhält, so hat man einen *Quermagnet*, der mithin auf der einen Seite das Nordende der Magnetnadel abstoſsen, auf der andern anziehn wird. Statt eines bloſs bipolaren Magnets dieser Art kann man sich auch ein vierkantiges Prisma denken, dessen diagonal-gegenüberstehende Kanten den gleichnamigen Magnetismus tragen, einen tetrapolaren Magnet; ein sechskantiges Prisma, an dessen Kanten abwechselnd die entgegengesetzten Polaritäten folgen, ein zwölfkantiges u. s. w. führt endlich auf die Vorstellung eines Cylinders, an welchem jeder Querschnitt an seiner Peripherie eine Reihe magnetischer Elemente von abwechselnder Nord- und Südpolarität enthält. Man kann auch, wie Prechtl und nach ihm G. G. Schmidt thaten, einen Stahldraht so um einen hölzernen oder gläsernen Cylinder aufwickeln, daſs die Windungen sich überall berühren und dann zwei diametral gegenüberstehende Stellen in der Richtung der Axe mit dem Nord- und Südpole eines Magnets bestreichen, so erhält man einen *Transversalmagnet*, der insofern dem Schlieſsungsdrahte der Volta'schen Säule ähnlich ist, als er zwei einander gegenüberstehende ungleichnamige Magnetismen enthält. G. G. Schmidt[2] zeigte, daſs

1 G. LXVII. 259.
2 G. LXX. 229.

Digitized by Google

diese Magnetisirung auch durch den elektrischen Schlag einer Leidner Flasche hervorgebracht werde, deren Entladung durch einen Metalldraht nahe über dem Stahldraht-Cylinder hingeführt wird. Nur erhält die Linie des Cylinders, welche gerade unter dem Entladungsdrahte liegt, keinen Magnetismus, sondern sie bleibt indifferent, und erst in der Entfernung eines Quadranten bildet sich auf jeder Seite des Cylinders eine Linie, welche links vom Ausflieſsen des positiven Entladungsstromes aus lauter Nordpolen, *rechts* aus lauter Südpolen besteht; unten zwischen diesen beiden Seitenlinien ist wieder Indifferenz. Schon dieser Umstand zeigt, daſs der elektrische Schlieſsungsdraht keineswegs mit einem Transversalmagnete zu verwechseln sey, weil am erstern keine solche Indifferenzlinie sich findet, ganz entscheidend aber spricht gegen diese Substitution das gänzliche Ausbleiben aller Drehung um den vertical gestellten Transversalmagnet, und so sehn wir uns, trotz aller Zeit und Mühe, welche die scharfsinnigsten Physiker, Prechtl, Schmidt, Muncke, Erman u. a. auf die Verfolgung dieses Gegenstandes verwendet haben, doch nur zu der Ansicht des letztern gedrungen, daſs nämlich alle natürliche und die meisten künstlichen Magnete Longitudinalmagnete seyen, daſs es aber eine Künstelei beim Streichen gebe, durch welche man transversale Polarisation bewirken kann[1]. Mit diesem Urtheile stimmt auch so ziemlich der Schluſs überein, den Prechtl selbst aus seinen spätern Untersuchungen zog, daſs für den Transversalmagnet dieselben Gesetze, wie für den Longitudinalmagnet gelten, indem er in seiner einfachsten Form die *Longitudinalmagnetisirung* einer Fläche nach der Breite ist[2]. Eben dieses wird auch durch Schmidt's Versuche und Rechnungen bestätigt, nach welchen (Coulomb's frühern Untersuchungen gemäſs) die Kraft der Transversalmagnete mit ihrem Durchmesser (nach der gewöhnlichen Sprache mit ihrer *Länge*) wächst und das Maximum der Wirkung der Mitte des Magnets um so näher liegt, je geringer sein Durchmesser ist[3]. Der *Transversalmagnetismus*

---

1 Umrisse zu den phys. Verhältnissen des v. Oersted entdeckten elektrochemischen Magnetismus, skizzirt v. P. Erman. Berlin 1821. G. LXVII. 393.

2 G. LXVIII. 202.

3 G. LXXI. 410.

Digitized by Google

ist also nicht sowohl eine neue Form der magnetischen Erscheinungen, als vielmehr eine abgeänderte Gestalt der künstlichen Magnete.

IX. Ausbreitung des Magnetismus.

Daſs die Kraft starker Magnete bis auf 10 und 15 Fuſs, nach Scoresby's Versuchen bis auf 40 Fuſs und darüber gehn könne und daſs besonders ihre Wirkung auf die Magnetnadel sehr weit reiche, ist schon oben aus Musschenbroeck's und Andrer Versuchen dargethan worden; allein das Gesetz, nach welchem sie mit der Entfernung abnehmen muſste, schien lange Zeit dem Blicke der Naturforscher sich entziehn zu wollen. Daſs die magnetische Kraft, als von einem Puncte ausgehend, nach den *Quadraten der Entfernungen* sich vermindern müsse, war aus allgemeinen Betrachtungen wahrscheinlich; allein bei einem so geheimniſsreichen Wesen, wie der Magnetismus war, bedurfte es wohl der Entscheidung durch Erfahrung, um über diese Annahme sich zu beruhigen. Der erste, der hierüber eigentliche Versuche anstellte, war Hawksbee[1], der jedoch sich dabei so benahm, daſs es unmöglich wurde, aus denselben irgend ein Resultat abzuleiten. Auf das Centrum eines horizontalliegenden Quadranten von 4 Fuſs Radius legte er eine Compaſsnadel von 3 Zoll Länge so, daſs sie, sich selbst überlassen, auf den Nullpunct der Eintheilung wies. Dann schob er einen Magnet von 6 ℔ Gewicht und einer etwas unregelmäſsigen Gestalt längst dem Limbus von Grad zu Grad und in verschiedenen Distanzen und notirte die Abweichungswinkel der Nadel nach Graden und Minuten für diese Stellungen. Das Nämliche versuchte er auch mit einer Nadel von 6 Zollen, jedoch zeigte sich diese weniger gut. Ueberhaupt wurden sowohl durch die allzugroſse Länge der Nadeln, als auch durch die Unsicherheit der von 3 bis 6 Zoll fortlaufenden Distanzen seine Versuche so ungewiſs, daſs die Königl. Societät dem Dr. Brook Taylor den Auftrag ertheilte, andere und klarere Experimente hierüber anzustellen. Dieser machte seine Sache darin besser, daſs er den Magnet (es war der groſse, welcher der K. Gesell-

1 Philos. Trans. Nr. 335. p. 506.

ſchaft angehörte) nicht längst dem Limbus des Quadranten führte, sondern in einer geraden Linie vom Compaſs entfernte, die auf den magnetischen Meridian senkrecht war; allein sey es, daſs er in den Stellungen des Magnets diese gerade Linie nicht genau hielt, oder überhaupt die Distanzen nicht genau maſs[1], wohl auch das Centrum der magnetischen Kraft im Magnete nicht kannte, auch seine Beobachtungen führten zu nichts und die Sache kam an Whiston. Dieser bediente sich einer Nadel von 4½ Zoll und statt des Magnets einer *Tervelle* von 3 Zoll und brachte endlich durch gröſsere Sorgfalt eine Beobachtungsreihe zu Stande, in welcher die *Sinus der halben Abweichung* doch ein Verhältniſs ausdrückten, das demjenigen der *Quadrate der Distanzen* sich hier und da zu nähern schien; allein die Sache war damit noch keineswegs entschieden, und so konnten Newton[2] und später seine Commentatoren, Jacquier und Le Sueur, auf die Idee gerathen, daſs die magnetische Kraft im kubischen Verhältnisse der Distanzen wirke, während das Schwankende seiner Versuche, die bald über, bald unter das quadratische Verhältniſs gingen, Whiston selbst verleiteten, es auf die $\frac{3}{2}$te Potenz zu setzen. Das war im Anfange des 18ten Jahrhunderts. Etwa 20 Jahre später erschien des mühsam thätigen Musschenbroeck's Abhandlung über den Magnet[3], in welcher er mehrere Reihen von Versuchen aufstellte, die (wie es ihm schien) zu dem Resultate führten, daſs die magnetische Wirkung meist im einfachen Verhältnisse der Entfernung abnehme. Obwohl sein Verfahren bestimmter zum Ziele führen sollte, indem er, wie früher Dr. Hooke versucht hatte, durch directe Abwägung vermittelst einer Waage die magnetische Anziehung nach Granen in den verschiedenen Abständen bestimmte und die damals noch etwas unklare Methode der Ab-

---

1 Die Fehler der Beobachtungen gingen bei der kleinern Nadel bis auf 13°, bei der gröſsern 6zolligen, die Halley zu seinen Beobachtungen über die magnetische Abweichung gebraucht hatte, bis auf 19°. S. Brémond Experiences phys.-mécaniques de M. Hawksbee. T. II. p. 482.

2 Princ. Philos. nat. lib. III. prop. 6. Coroll. 5. „Vis magnetica decrescit in ratione distantiae non duplicata, sed fere triplicata, quantum *ex crassis* quibusdam observationibus animadvertere potui."

3 Petri van Musschenbroeck Dissertatio physica experimentalis de Magnete, Lugd. Batav. anno 1729. edita. Viennae Austr. 1754. 4.

Digitized by Google

lenkungen der Magnetnadel verlieſs, so boten auch seine Beobachtungen keineswegs diejenige Uebereinstimmung dar, die zu einem beruhigenden Schlusse hätte führen können. Er selbst fand am Ende, es sey besser einzugestehn, es gebe da gar kein bestimmtes Gesetz, als sich mit gekünstelten Experimenten abzumüden, wo die Natur ihre Antwort versage.

So blieb die Sache, bis im J. 1765 Lambert sich dieses Gegenstandes annahm[1]. Gewohnt, die Natur mit klarem Blicke zu erfassen, entwickelt er zuerst die mancherlei Schwierigkeiten, die sich dieser Untersuchung entgegenstellen, und vor allem bedauert er die Verborgenheit, in welcher Tob. Mayer's Arbeiten hierüber geblieben sind[2]. Er zeigt, von welchen Nebenumständen das an sich einfache Gesetz der magnetischen Anziehung umhüllt sey und wie schwer es hier sey, einen reinen Versuch zu veranstalten. „Man kann, sagt Lambert, dem Magnete wohl mehrere Pole ertheilen, aber nicht einen unipolaren Magnet machen, und so mischt sich immer in die Anziehung des einen Pols die Abstoſsung des andern ein. Sodann ist es nicht der Pol des Magnets allein, welcher anzieht, sondern in mehr und minderem Grade auch die andern Theile seiner Oberfläche. Bei Versuchen über die Anziehung können wir dem Magnete nur eisenhaltige Körper oder einen andern Magnet gegenüberstellen; dauert der Versuch nur einige Zeit, so wird durch die Einwirkung des gröſsern Magnets das Eisen selbst magnetisch, oder auch der Magnet nimmt an Kraft zu. Erheischen die Versuche eine längere Periode, so weiſs man nicht sicher, ob nicht der Hauptmagnet etwas von seiner Stärke verloren hat. Ebenso sind die Gröſse und Gestalt des Magnets von wesentlichem Einflusse auf seine Anziehung. Zu diesen vier Elementen von

1 Hist. de l'Acad. Roy. de Berlin 1765. p. 22.

2 Die Göttinger Gel. Anz. v. J. 1760 erwähnen einer Abhandlung von T. Mayer, in welcher er nicht nur den Satz der magnetischen Anziehung nach dem Quadrate der Entfernung aufstellt, sondern überhaupt die Untersuchung über die magnetische Kraft in ihrem ganzen Umfange zur Hand genommen hatte. Ein Beobachter, wie Mayer war, hatte hierüber wohl nicht entschieden, ohne die Natur zu befragen. Was Lichtenberg aus seinen Manuscripten mitgetheilt hat, bezieht sich hauptsächlich auf Mayer's Theorie der magnetischen Abweichung.

Digitized by Google

unbekannter Wirkung, der *Maſse, Geſtalt, Entfernung* und *Stärke* des Magnets, geſellt ſich noch ein fünftes, nämlich die *ſchiefe Richtung des Zuges*, die auch hier, wie überall, eine Veränderung zur Folge haben muſs. Und hier möchte ſich beſonders zwiſchen dem unmagnetiſchen Eiſen und einem ſelbstmagnetiſchen Körper ein weſentlicher Unterſchied ergeben. Das erſtere wird in allen ſeinen Theilen angezogen, in welcher Stellung es ſich auch befinden mag, der letztere hingegen an einer Stelle mehr als an einer andern und die Wirkung geht wohl gar in Indifferenz oder Abſtoſsung über. Eine Compaſsnadel von Eiſen würde in jeder Richtung ſtehn bleiben; anders die Magnetnadel, die nur im magnetiſchen Meridiane zur Ruhe kommen würde. Dieſe und überhaupt jede Eiſenmaſſe iſt alſo immer dem Zuge von einem oder mehreren Magneten unterworfen, die ſich im Innern der Erde befinden, und eben dieſes bringt eine neue Complication hervor, ſobald wir der Nadel einen Magnet oder eine Eiſenmaſſe gegenüberbringen.“

Lambert bemerkt nun, daſs die Methode der *horizontalen Schwingungen* geeignet wäre, uns über die Beziehung, die zwiſchen der mittlern magnetiſchen Kraft und der mittlern Richtung exiſtirt, einigen Aufſchluſs zu geben. Allein, abgeſehn von den verſchiedenen Bedenklichkeiten, die ſich gegen die Sicherheit dieſer Methode erheben laſſen, müſste man dazu ſehr groſse Schwingungsbogen anwenden, um das Geſetz ihrer Aenderung bei verſchiedenen Winkeln des ſchiefen Zuges kennen zu lernen; kleine Schwingungen ſind immer iſochroniſch, welches auch jenes Geſetz ſeyn mochte. Die bewegende Kraft iſt immer als eine Function des Sinus von jenem Winkel, den man den Einfallswinkel nennen mag, anzuſehn, ſo daſs, wenn man dieſen Sinus mit x bezeichnet, jene Kraft durch die Reihe

$$ax + bx^2 + cx^3 + \text{u. s. w.}$$

ausgedrückt wird, wobei alſo, wenn x ſehr klein iſt, die Glieder, welche ſeine Potenzen enthalten, wegfallen. Der Umſtand endlich, daſs bei groſsen Schwingungswinkeln die Reibung auf der Gnomonſpitze der Bouſſole gröſser wird, was eine beſtändige Verkleinerung der Bogen und eben damit eine Veränderung der Schwingungszeiten zur Folge hat, trägt dazu

Digitized by Google

bei, die Vortheile dieser sonst leicht ausführbaren Methode sehr zweideutig zu machen.

Die Art und Weise, wie Lambert sich benimmt, um sowohl das Gesetz der Wirkung des Einfallswinkels, als auch nach erreichter Bestimmung desselben dasjenige der *Wirkung in die Ferne* aus der beobachteten Ablenkung der Compaſs-nadel durch einen Magnet herzuleiten, die Geschicklichkeit, mit welcher er allen vorbenannten Einflüssen, die von der ungleichen Vertheilung des Magnetismus in der Nadel, von den verschiedenen Einfallswinkeln auf einzelne Stellen derselben, von der Lage des magnetischen Schwerpuncts im Magnete und in der Nadel herrühren, mit allen darauf bezüglichen analytischen Verwickelungen durch einen einfachen und sichern Griff auszuweichen, der Scharfsinn, mit welchem er die Erscheinungen zu ordnen und ihnen alle mögliche Ergebnisse durch die einfachsten Schlüsse zu entlocken weiſs, sind ein wahrhaftes Muster physikalischer Untersuchung, so daſs eine gedrängte Darstellung seines Verfahrens hier nicht am unrechten Orte seyn mag.

Fig. 125. Auf einem mit Papier bespannten Brete zog er den Halbkreis rDKPT, den er von 5 zu 5 Graden genau eintheilte, und pflanzte in das Centrum desselben die Gnomonspitze C ein, auf welcher die Nadel pq spielte. Dieser setzte er in dem Intervall rp den Südpol eines kleinen unarmirten Magnets von nahe kubischer Form gegenüber. Die Distanz rp wurde einerseits durch die Nothwendigkeit, die leichte Nadel gegen eine eigentliche Losreiſsung zu schützen, andererseits durch den Umstand bedingt, daſs auch bei gröſserer Annäherung die ablenkende Kraft des Magnets wirklich unverändert blieb. Das Bret wurde darauf so gedreht, daſs die Linie AB in den magnetischen Meridian zu liegen kam, und der Magnet sodann seine Axe gegen C gerichtet, auf demselben so herumgeschoben, daſs er die Nadel immer um die nämliche Anzahl von Graden ablenkte. So entstand z. B. für eine Ablenkung
von . . . . 30° die Curve DEFGHI,
für die Ablenkung von 60° die Curve KLMNO,
für diejenige von 90° die Curve PQRS
und für die von 120° die Curve TVW,
wobei zu bemerken ist, daſs die Abstände DC, EC u. s. w eigentlich um die halbe Dicke des Magnets vergröſsert werden

müſsten. Es zeigte sich, daſs diese Curven ihren Scheitel auf derjenigen Linie erhalten, welche auf die jedesmalige Richtung der Nadel senkrecht ist, und auch der Versuch ergab (freilich mit derjenigen Ungenauigkeit, die von praktischen Arbeiten unzertrennlich ist), daſs der rechte Schenkel GHI der ersten Curve dem linken DEFG gleich sey.

Es kommt nun darauf an, die wirkende Kraft des kleinen Magnets auf die Nadel zu bestimmen. Wäre diese in allen Puncten einer Curve die nämliche, so müſsten auch für eine gewisse Ablenkung, z. B. für 30°, die Abstände CD, CE, CF, CG u. s. w. gleich seyn. Allein die letztern sind gröſser, mithin der Zug des Magnets in F und G schwächer, als in D und E. Da er jedoch die nämliche Ablenkung bewirkt, so muſs diese Abnahme der Kraft durch einen günstigern Einfallswinkel in den letztern Puncten compensirt werden, und diese Wirkung des Einfallswinkels ist den Abständen umgekehrt proportional. Wäre das Verhältniſs der Abstände zur absoluten Kraft des Magnets bekannt, so könnte man das Maſs jener Wirkung für jeden Winkel bestimmen; allein da dieses nicht der Fall ist, so muſs man anderswo Hülfe suchen, und diese finden wir in dem Zuge des Erdmagnetismus. Offenbar ist die Ablenkung der Nadel das Resultat des combinirten Zuges von den beiden Magneten, dem groſsen in der Erde befindlichen und dem kleinern, der seitwärts von der Nadel steht. Auch für jenen tritt die Betrachtung des schiefen Zuges ein. Denn, wenn sich der kleine Magnet nach einander in den Puncten G, N, S befindet, so übt er offenbar wegen des geringern Abstandes in S eine gröſsere Kraft aus, als in G, allein seine Axe ist in allen drei Stellungen auf die Länge der Nadel senkrecht, mithin sein Einfallswinkel der nämliche, d. h. ein rechter. Die Ungleichheit seines Zuges ist also einer Gegenwirkung des Erdmagnetismus zuzuschreiben, welche stärker auf die Nadel einwirkt, wenn sie in der Ablenkung CP, als wenn sie in der von CD oder CK sich befindet. Da nun die mittlere Richtung der terrestrischen Magnetkraft in der Linie BA liegt, so ist klar, daſs sie um so schiefer wirkt, je mehr die Nadel von CP nach CA sich wendet.

Diese beiden schiefen Züge halten sich also gegenseitig das Gleichgewicht, indem der kleine Magnet die Nadel aus

Digitized by Google

ihrem Meridiane abzieht, während der Erdmagnetismus sie demselben zuzuführen strebt. Nun sind die Puncte E, M, S von derjenigen Lage, daſs der schiefe Zug oder der Einfallswinkel für beide Kräfte gleich groſs ist, nämlich

$$ACD = ECD,\ ECM = BCM,$$

und ebenso in S; sie sind 30°, 60° und 90°. Bringt man den kleinen Magnet succesiv in die genannten drei Puncte, so wird seine relative sowohl, als seine absolute Kraft der relativen und absoluten Kraft des Erdmagnetismus gleich seyn. Daraus folgt denn auch die Gleichheit der Abstände CE, CM, CS. Nehmen wir nun zwei gleiche Abstände des kleinen Magnets, wie z. B. Cd und CQ, in welchen seine absolute Kraft die nämliche ist, bezeichnen wir diese mit m, die des Erdmagnets mit M, und betrachten wir den Effect des schiefen Zuges als eine Function des Einfallswinkels, so läſst sich diese folgendermaſsen bestimmen. Es befinde sich der Magnet in d, so ist sein Einfallswinkel $dCD = 15°$, der Einfallswinkel des Erdmagnetismus $DCA = 30°$. Da hier die Nadel im Gleichgewichte ist, so muſs M multiplicirt durch irgend eine Function des Winkels von 30° ein ebenso groſses Product geben, als m multiplicirt mit einer Function des Winkels von 15°, oder

$M.f\,(30°) = m.f\,(15°)$ seyn, also

$$M : m = f\,(15°) : f\,(30°).$$

Versetzen wir nun den Magnet nach Q, so sind auch da die Kräfte m und M dieselben wie vorhin; denn M ist beständig und m bleibt wegen der gleichen Abstände Cd und CQ unverändert. Allein hier erhalten wir andere Einfallswinkel; für den Magnet ist es $QCP = 30°$ und für den Erdmagnetismus $PCA = 90°$, man hat daher wie vorhin

$M.f\,(90°) = m.f\,(30°)$ oder

$M : m = f\,(30°) : f\,(90°)$. Hieraus folgt

$f(15°) : f(30°) = f(30°) : f(90°)$, und diese Analogie verräth uns mit einem Wurfe die Natur der gesuchten Function; es ist nämlich

$$\text{Sin. } 90° : \text{Sin. } 30° = \text{Sin. } 30° : \text{Sin. } 14°{,}5$$

und die Wirkung richtet sich also nach dem *Sinus* des Einfallswinkels.

Combinirt man den Punct β der Ablenkungscurve von 15° mit dem Puncte f derjenigen von 30°, die beide gleichweit vom Centrum abstehn, so sind die Einfallswinkel für den

Magnet β C $\alpha = 30°$ und f CD $= 75°$; für den Erdmagnetismus α CA $= 15°$ und DCA $= 30°$, und man hat, wenn μ die absolute Kraft des Magnets bezeichnet,

$$M . f(15°) = \mu . f(30°)$$
$$M . f(30°) = \mu . f(75°)$$

daraus $f(15°) : f(30°) = f(30°) : f(75°)$

was mit $\text{Sin. } 15° : \text{Sin. } 30° = \text{Sin. } 30° : \text{Sin. } 75°$

sehr nahe übereinstimmt. Aehnliche Relationen ergeben sich noch aus andern Puncten, und wenn auch durch dieselben der Satz, daſs *die Wirkungen des schiefen Zuges dem Sinus des Einfallswinkels proportional* sind, nicht in geometrischer Schärfe erwiesen wird, so zeigen sie doch wenigstens, daſs hier von keiner andern Function, z. B. des Quadrats vom Sinus, wie beim Stoſse der Flüssigkeiten, die Rede seyn könne; woraus sich zugleich ergiebt, daſs man die Wirkung des magnetischen Fluidums nicht nach der Theorie des Stoſses der Flüssigkeiten, sondern nur nach Art des einfachen Druckes behandeln dürfe. Das magnetische Fluidum wirkt auf die drehbare Nadel wie auf einen Hebel, und so muſs der Sinus der schiefen Wirkung hier nothwendig eintreten, da man hingegen im andern Falle zu dem einfachen Verhältnisse der Sinus noch dasjenige ihrer Quadrate hinzufügen müſste.

Nach der Bestimmung dieses ersten und wahrscheinlich einfachsten magnetischen Gesetzes hält es nun nicht schwer, auch das *Verhältniſs der Kraft zu den Abständen* ausfindig zu machen. Nehmen wir die absolute Kraft des Erdmagnetismus, die er auf die Nadel in ihrer rechtwinkligen Ablenkung CP ausübt, als Einheit an und setzen wir unsern Magnet auf die Curve DEG, so wird die Nadel sich in der Richtung CD, d. h. in einer Ablenkung von 30° befinden. Diese bildet für die *terrestrische Kraft* einen Einfallswinkel von 30°, so daſs ihre schiefe Wirkung $= \text{Sin. } 30° = \frac{1}{2}$ wird. Gerade so groſs muſs auch die Wirkung des kleinen Magnets auf jedem Puncte der Curve seyn. Setzen wir seine absolute Kraft für irgend einen Abstand $= v$ und seinen Einfallswinkel $= \varphi$, denjenigen der Erde oder den Ablenkungswinkel $= \omega$, so ist $v . \text{Sin. } \varphi = \frac{1}{2}$, mithin $v = \frac{1}{2 \text{ Sin. } \varphi}$, und überhaupt für jede andere Ablenkung $v = \frac{\text{Sin. } \omega}{\text{Sin. } \varphi}$.

Man erhält hieraus für die verschiedenen Einfalls- und Ablenkungswinkel φ und ω die Kräfte v, unabhängig von den Abständen, in folgender Tafel:

Werthe von v.

Arg. φ \ ω	15°	30°	60°	90°	120°
15°	1,000	1,932	3,346	3,864	3,346
30	0,518	1,000	1,732	2,000	1,732
45	0,366	0,707	1,225	1,414	1,225
60	0,299	0,577	1,000	1,155	1,000
75	0,268	0,518	0,896	1,035	0,896
90	0,259	0,500	0,866	1,000	0,866

Die dritte Colonne $\omega = 30°$ enthält, wie man sieht, die Kräfte des Magnetes in den Puncten D, d, E, e, F, f, G, die vierte eben dieses für K, L, M, N, O und s. f.

Um diese Werthe mit den Beobachtungen zu vergleichen, müssen wir vorerst die auf dem Brete erhaltenen Abstände CD, Cd, CE abmessen und in Zahlen ausdrücken. Als Einheit des Maſses mag die halbe Länge der Nadel dienen. Sodann ist nicht zu vergessen, daſs alle diese Gröſsen um die halbe Axe des Magnets zu klein sind, weil die Distanzen nur bis an den Südpol desselben gemessen wurden. Auch müssen die Kräfte v, so wie sie aus den Einfallswinkeln abgeleitet sind, in eine den Distanzen selbst angemessene Form gebracht und zur Vergleichung mit einem beständigen Coefficienten versehn werden. Was zuerst die Form betrifft, so ist offenbar, daſs mit den Entfernungen die Kräfte abnehmen, die letztern mithin im umgekehrten Verhältnisse dargestellt werden müssen, indem man nämlich ihren Decimalbruch giebt. Bei der Ungewiſsheit, ob man das einfache oder irgend ein anderes Verhältniſs anzunehmen habe, mag es erlaubt seyn, einen Versuch mit demjenigen zu machen, welches für Kräfte, die von einem Puncte aus sich ringsum verbreiten, das allgemeinste und natürlichste ist, nämlich, daſs die Kräfte im umgekehrten Verhältnisse der Quadrate der Entfernungen abnehmen. Die Zahlen also, welche die Umkehrung der Kräfte ausdrücken, müssen in einer niedrigern arithmetischen Stufe gegeben werden, wenn die Abstände unverändert bleiben, indem man $\sqrt{\frac{1}{v}}$ statt $\frac{1}{v}$ setzt. Die Formel, welche die Distanz bei irgend einer Ablenkung ausdrückt, erhält daher fol-

gende Gestalt: $\delta = a + n . \sqrt{\frac{\text{Sin.}\,\varphi}{\text{Sin.}\,\omega}}$, in welcher δ die Distanz des Magnets vom Centrum der Nadel, a die halbe Axe desselben, n den bemerkten Coefficienten und $\sqrt{\frac{\text{Sin.}\,\varphi}{\text{Sin.}\,\omega}} = r$ die Modificirung der magnetischen Kräfte durch den Einfallswinkel bezeichnet. Folgende Tafel giebt die Werthe von r für verschiedene Einfallswinkel des terrestrischen, wie des künstlichen Magnetismus.

Werthe von r.

	ω.	15°	30°	60°	90°	120°
φ	15°	1,000	0,720	0,546	0,509	0,546
	30	1,390	1,000	0,760	0,707	0,760
	45	1,653	1,189	0,904	0,841	0,904
	60	1,829	1,316	1,000	0,931	1,000
	75	1,932	1,390	1,056	0,983	1,056
	90	1,966	1,414	1,075	1,000	1,075

Mit Hülfe dieser Tafel zieht man aus je zwei beobachteten Abständen δ und δ' und den zugehörigen r und r′ den mittlern Werth von n und von a, nach den Formeln

$$n = \frac{\delta - \delta'}{r - r'} \text{ und } 2\,a = \delta + \delta' - n.(r + r'),$$

und berechnet dann zur Vergleichung die Distanzen. Man erhält hiernach $a = 1{,}31$ und $n = 2{,}2$. Die Uebereinstimmung, welche sich in folgender Tafel darstellt, mag immerhin den empirischen Beweis liefern, daſs wenigstens in den Grenzen dieser Beobachtungen das angenommene Gesetz richtig sey.

$\omega = 15°$			
φ	Beob.	Ber.	Fehler
15°	3,61	3,51	+ 10
30	4,50	4,37	+ 13
45	4,94	4,95	− 1
60	5,20	5,34	− 14
75	5,36	5,56	− 20
90	5,43	5,64	− 21

$\omega = 30°$			
φ	Beob.	Ber.	Fehler
15°	2,71	2,89	− 18
30	3,62	3,51	+ 11
45	4,17	3,93	+ 24
60	4,33	4,21	+ 12
75	4,48	4,37	+ 11
90	4,61	4,42	+ 19

$\omega = 60°$			
φ	Beob.	Ber.	Fehler
15°	2,54	2,51	+ 3
30	3,00	2,98	+ 2
45	3,28	3,30	− 2
60	3,48	3,51	− 3
75	3,51	3,63	− 12
90	3,52	3,67	− 15

$\omega = 90°$			
φ	Beob.	Ber.	Fehler
15°	2,35	2,43	− 8
30	2,84	2,86	− 2
45	3,10	3,16	− 6
60	3,18	3,36	− 18
75	3,29	3,47	− 18
90	3,49	3,51	− 2

$\omega = 120°$			
φ	Beob.	Ber.	Fehler
15°	2,34	2,51	− 17
30	2,84	2,98	− 14
45	3,12	3,30	− 18
60	3,33	3,51	− 18
75	3,44	3,63	− 17
90	3,53	3,67	− 14

Wenn auch hier die negativen Differenzen etwas vorherrschend sind, so zeigen die nicht minder groſsen positiven, daſs der Fehler den Beobachtungen zugeschrieben werden müsse. Bei der Kleinheit der Figur, die in der Zeichnung in ihrer wirklichen Gröſse dargestellt ist, läſst sich die Abmessung keineswegs auf Hunderttheile einer Einheit verbürgen, die nur etwa einen halben Zoll beträgt, und eben dieser geringe Halbmesser der Nadel machte es auch um so schwieriger, die scharfe Einstellung derselben auf einen gewissen Ablenkungsgrad zu beobachten; auch die Kürze des Magnetes mochte der genauen Einstellung seiner Axe in die Richtung des Radius nicht immer günstig seyn.

Betrachtet man die obige Formel $\delta - 1,31 = 2,2\sqrt{\frac{\text{Sin.}\,\varphi}{\text{Sin.}\,\omega}}$, so zeigt sich, daſs, um diejenigen Distanzen zu haben, deren Quadrate umgekehrt den Kräften proportional sind, es nicht genügt, den Abstand der Mittelpuncte des Magnets und der Nadel oder denjenigen vom Südpol des einen zum Centrum der andern zu haben, sondern daſs selbst dieser letztere noch um die Gröſse $\alpha = 1,31$, die in der Figur mit der Linie Cr übereinstimmt, vermindert werden muſs. Wäre $\alpha = 1$, so ergäbe sich daraus, daſs die Distanzen von der Endspitze der Nadel bis zur Kante des Magnetes genommen werden müssen; allein der bemerkenswerthe Umstand, daſs diese Entfer-

nung der Enden beider magnetischen Körper noch um 0,31 zu groſs ist, zeigt offenbar, daſs *das eigentliche Centrum der Anziehung etwas auſserhalb des Poles liege*[1]. Wirklich nahm beim Versuche selbst die Anziehung des Magnets gegen die Nadel innerhalb der Grenzen der Puncte r, α, D u. s. w., die eben um 0,3 von dem Nadelende abstehn, so zu, daſs sie im Vergleich zur magnetischen Erdkraft unendlich zu nennen war und die Nadel von der Gnomonspitze abgerissen hätte. Es ist wahrscheinlich, daſs diese Gröſse 0,3 sich zwischen dem Magnete und der Nadel in einem Verhältnisse theile, das der Stärke ihrer respectiven Magnetismen angemessen ist, so daſs der magnetische Schwerpunct der Nadel näher liegt, als dem Magnete.

Um sich von der Allgemeinheit seiner Formel zu überzeugen, stellte Lambert noch mit zwei andern Nadeln, die eine von 44, die andere von 26 par. Lin. Länge, und einem magnetischen Stahlstabe von 5 Zoll 7 Lin. Länge, 6 Lin. Breite und 1 Lin. Dicke die nämlichen Messungen an und fand aus denselben $\alpha = 31$ Lin. und $n = 53{,}8$ Lin., welche durch die halbe Länge der Nadel 22 Lin. dividirt $\alpha = 1{,}41$ und $n = 2{,}44$ geben; eine Verschiedenheit mit den obigen Resultaten, die nur etwa $\frac{1}{12}$ beträgt und die kein Bedenken erregen kann, wenn man die groſse Ungleichheit der Werkzeuge, namentlich die Stärke der Magnete, von welchen der natürliche von 10 und 6 Linien in Kanten kaum eine Nähnadel zu tragen vermochte, während der andere über 2 Unzen trug, berücksichtigt.

Die Nadel von 26 Lin. gab mit dem nämlichen Stahlstabe behandelt dieselben Resultate, wie diejenige von 44. Lambert erklärt dieses aus dem Umstande, daſs es sich hier nicht um die magnetische Stärke der Nadel, sondern lediglich um das *Verhältniſs* der Kräfte des künstlichen Magnetes und des Erdmagnetismus handle. Die erstere ist mit der Distanz δ veränderlich, die letztere ist als beständig anzusehn. In ihrer Wirkung auf die Nadel hängen sie theils von den Einfallswinkeln φ und ω, theils von der Länge und Kraft der

---

1 Eben dieses fand auch Kupffer bei Stäben, die bis zur Sättigung magnetisirt sind. Ann. d. Ch. XXXV. 80. Baumg. IV. 87. S. unten: *Vertheilung des Magnetismus im Innern der Stahlstäbe.*

Digitized by Google

Nadel ab. Allein diese Länge und Kraft der Nadel ist für beide sollicitirende Magnetismen die nämliche, beide wirken in gleichem Maſse stärker auf eine längere und kräftigere Nadel. Nur die Winkel φ und ω kommen in Betracht, sie bleiben jedoch die nämlichen, wenn ein anderer Magnet die gleiche Stellung und Richtung gegen das Centrum der Nadel einnimmt, insofern nicht die Länge der Nadel eine gewisse Grenze überschreitet. Obwohl auch diese Behauptung durch einen neuen Versuch mit einer Nadel von 30 Lin. sich bestätigte, so hält Lambert seine Formel dennoch nur für eine Näherung. Der Einfallswinkel ω des Erdmagnetismus mag allerdings in Betracht der groſsen Entfernung jenes Anziehungspunctes im Innern der Erde für alle Stellen der Nadel die nämliche seyn und somit erleidet der Sinus desselben und seine Quadratwurzel keine Aenderung. Anders verhält es sich mit dem Winkel φ; da sind die vom Magnete aus an alle Theile der Nadel gezogenen Linien keineswegs parallel und dieser Winkel ist nur eine annähernde Mittelgröſse zwischen unzähligen mehr oder weniger von ihm abweichenden Winkeln Die auf empirischem Wege gefundene Formel

$$\delta = a + n . \sqrt{\frac{\text{Sin.}\,\varphi}{\text{Sin.}\,\omega}}$$

ist daher als ein Integral anzusehn, das aus mehrern Gliedern zusammengezogen ist, das aber die Mühe des Differenzirens nicht lohnen würde, se lange man nicht von der völligen Genauigkeit der Formel überzeugt wäre.

In den Jahren 1768 bis 1783 beschäftigte sich ein Mitglied der Königl. Akademie d. W. in Lissabon, J. Antonio Dalla Bella, sehr angelegentlich mit Versuchen über die magnetische Anziehung, zu welchen er sich durch den Gebrauch des oben erwähnten ungemein kräftigen chinesischen Magnetes sehr ermuntert sah. Im Laufe jener Zeit hatte er sich verschiedentlich bemüht, die Tragkraft desselben zu steigern, und diese von 170 ℔ bis auf 202 ℔ gebracht. Er beklagte sich sehr über die Veränderlichkeit der Tragkraft der Magnete, die oft von einem Tage zum andern wechsele, und schreibt namentlich dieser die Ungleichheit in den Resultaten seiner Versuche über die Anziehung in die Ferne zu. Er befestigte diesen Magnet unbewaffnet dergestalt, daſs seine Axe auf die Ebene des Horizontes senkrecht und der eine seiner

Digitized by Google

Pole aufwärts gerichtet war. Ueber demselben hing er an einem hölzernen Gestelle eine Waage auf, die zu beiden Seiten mit 8 und mehr ℔ belastet dennoch für ¼ Gran Ausschlag gab. Am einen Arme dieser Waage hing er vermittelst eines langen Fadens den eisenhaltigen Körper auf, der vom Magnete angezogen werden sollte, wobei er möglichste Sorge trug, jenen genau in die Verticale zu bringen, die durch die Pole des letztern ging. Die Waage, die vermittelst Rollen höher und niedriger gestellt werden konnte, wurde dann niedergelassen, bis beide Körper einander berührten. Nachher wurden sie getrennt und in Entfernungen, die von 3 zu 3 Linien zunahmen, durch Wegnehmen von Gewichten das Gleichgewicht der Waage wieder hergestellt. War diese soweit heraufgezogen worden, daſs der Körper auſser der Anziehungssphäre des Magnets sich befand, so lieſs man ihn den vorigen Weg rückwärts machen, um in den nämlichen Distanzen die Anziehung nochmals zu messen. Daſs dabei jede Erschütterung der Waage, die vom Auflegen der Gewichte, von starken Oscillationen, vom Athmen oder Luftzuge entstehn konnte, aufs Sorgfältigste vermieden wurde, dafür bürgt die eigene Versicherung dieses seit dreiſsig Jahren als Professor functionirenden Physikers, der auch durch die oben bemerkte Veränderlichkeit im Anziehungsvermögen des Magnets sich bewogen fand, bei jedem Experimente den Stand des Barometers und Thermometers, die Richtung des Windes und die Beschaffenheit der Witterung mit anzuführen.

Dalla Bella befestigte nun den groſsen Magnet dergestalt, daſs seine sieben Zoll lange Axe vertical und der Nordpol oben stand. An dem Drahte, der vom Arme des Waagebalkens herabhing, brachte er eine Terrelle aus Magnetstein von 1¾ Zoll Durchmesser an, nahe 7 Unzen schwer und von 4,148 specifischem Gewichte, ihren Südpol nach unten gekehrt. Er senkte dann die im Gleichgewichte stehende Waage so lange, bis sich eine Spur von Anziehung ergab, und notirte bei den folgenden Abständen die Zahl von Granen, die zur Herstellung des Gleichgewichts beim Aufsteigen und Senken der Waage erforderlich war. So erhielt er am 24. April folgende Werthe, bei denen die Entfernungen in Pariser Linien angegeben sind.

Lin.	Aufſtg.	Senk.	Lin.	Aufſtg.	Senk.	Lin.	Aufſtg.	Senk.
	Gr.			Gr.			Gr.	
0	1032	1020	24	242	242	96	10	10¼
3	582	584	36	90	84	108	6	6½
6	442	444	48	50	51	120	4	4½
9	349	346	60	32	32	132	3	3
12	288	284	72	21	21	144	2	2
18	202	200	84	14	14	156	1	1

Barom. 29,72 Z. engl., Thermom. 66°,5 F., Wind NE, helles Wetter.

Die in der zweiten und dritten Columne dieser Tafel befindlichen Zahlen drücken die Grane aus, die dem magnetiſchen Zuge entgegen wirkten; sie controliren einander, indem das eine Mal die Terrelle vom groſsen Magnete entfernt, das andere Mal demselben genähert wurde. Der portugiesische Physiker versuchte zuerst das einfache Verhältniſs der Entfernungen auf sie anzupassen. Durch das Miſslingen dieser Voraussetzung jedoch nicht abgeschreckt fand er bei näherm Nachdenken, daſs jene Linien in der ersten Columne nicht die wahren Entfernungen der magnetischen Anziehungspuncte, sondern nur die Abstände der nächsten Enden beider Magnete angeben, und versuchte daher am gröſsern Magnete die Lage dieses Condensationspunctes auf praktischem Wege zu erfahren, indem er an verschiedenen Stellen um den Pol seine Nadeln anziehn lieſs, deren Richtung auf das gesuchte Centrum einigermaſsen hinwies. Dieses gelang ihm am groſsen Magnete so ziemlich, wollte aber am sphärischen sich nicht erreichen lassen. Endlich bestimmte er (auf welche Weise, wird nicht gesagt) diese Zugabe der gemessenen Abstände zu 18 Linien. Der Umstand, daſs Bella diesen Werth immer nur auf ganze Linien ohne Bruchtheile bestimmt und in seiner weitschweifigen Abhandlung, die 114 Seiten in Quarto und 105 Versuche enthält, der Methode, diese Verbesserung zu finden, keine Erwähnung thut, macht es wahrscheinlich, daſs er zu derselben nur auf empirischem Wege gelangt sey. Sie läſst sich jedoch leicht aus den Beobachtungen selbst ableiten. Wenn nämlich m und m′ die magnetischen Kräfte, in Granen ausgedrückt, für die gemessenen Distanzen d und d′ darstellen und x den gesuchten Zuwachs dieser Distanzen, n eine groſse Potenz bezeichnet, so ist $m:m' = (d'+x)^n:(d+x)^n$; also nach

der wahrscheinlichen Voraussetzung $m : m' = (d' + x)^2 : (d + x)^2$,

$$\text{oder } \sqrt{m} : \sqrt{m'} = d' + x : d + x;$$

$$\text{somit } \sqrt{m} - \sqrt{m'} : \sqrt{m'} = (d' - d) : (d + x);$$

also $x = \frac{\sqrt{m'}.(d' - d)}{\sqrt{m} - \sqrt{m'}} - d$. Es sey z. B. nach der obigen Tafel $m = 583$; $m' = 87$; $d = 3$, $d' = 36$; $\sqrt{m} = 24{,}145$; $\sqrt{m'} = 9{,}327$; mithin $\sqrt{m}\,(d' - d) = 9{,}327 \times 33 = 307{,}79$; $\sqrt{m} - \sqrt{m'} = 14{,}818$; daraus $x = 20{,}65 - 3 = 17{,}65$. Im Mittel aus sechs solchen Combinationen ergiebt sich $x = 17{,}78$. Um nun nach dieser Annahme die Werthe von m' für die verschiedenen d' zur Vergleichung mit den Beobachtungen herzuleiten, hat man, wenn die erste Beobachtung zum Grunde gelegt wird,

$$(d' + x)^2 : (3 + 17{,}78)^2 = 583 : m'.$$

Man erhält hieraus folgende Tafel, in welcher als Resultat des Versuchs die Mittelzahl der obigen Gewichte angesetzt ist:

Abst.	m' Beob.	m' Berechn.	Abst.	m' Beob.	m' Berechn.	Abst.	m' Beob.	m' Berechn.
0	1026	....	24	142	144	96	10	19
3	583	583	36	87	87	108	6	16
6	443	445	48	51	58	120	4	13
9	348	351	60	32	42	132	3	11
12	286	284	72	21	31	144	2	10
18	201	197	84	14	24	156	1	8

Man sieht, daſs bis auf 3 Zoll Abstand beider Magnete von einander das angenommene Gesetz der Abnahme nach den Quadraten der Distanz mit der Natur so ziemlich übereinstimmt. Allein weiterhin nimmt die Anziehung plötzlich in einem weit stärkern Verhältnisse ab. Da passen weder dritte, noch vierte Potenzen; auch die Herleitung des Werthes von x aus diesen spätern Gröſsen giebt keine auch nur etwas übereinstimmende Resultate, welche Hypothese man auch für die Abnahme annehmen mag.

Wir erlauben uns hier einen der zahlreichen Versuche Musschenbroeck's, die sonst etwa ohne Werth und Zweck in den Lehrbüchern angeführt worden sind, aufzunehmen, um zu zeigen, daſs mit Benutzung der corrigirten Abstände auch diese Beobachtungen bis auf eine gewisse Grenze das umgekehrte Verhältniſs der Quadrate der Distanzen bewähren. Wir

Digitized by Google

wählen das *Experimentum* II. seiner zweiundzwanzig Versu-che über die magnetische Anziehung, in welchem er einen kugelförmigen natürlichen Magnet von 6¼ Zoll rheinl. Durch-messer auf einen Magnetstein, der ein Parallelepipedum vor 2½ Z. Länge, 2 Z. Breite und 1½ Z. Dicke bildete, einwirken lieſs. Seine Waage gab unbelastet $\frac{1}{10}$ Gran an und zur ge-nauern Messung der kleinen Abstände hatte der geübte Phy-siker sich kleine Messingstücke verschafft, deren Dicke genau 1, 2, 3 u. s. w. Linien hielt und die zwischen beide Magnete gelegt wurden. Der Versuch wurde am 11. Juli 1725 ange-stellt bei 29,208 Zoll rheinl. Barometerhöhe, 62° Fahrenh. und trocknem, hellem Wetter mit Nordwind. Im Mittel aus sieben Bestimmungen ergiebt sich aus den Beobachtungen der Werth von x = 11,74 und mit demselben erhält man von der Gröſse 240 Gran ausgehend folgende berechnete Gewichte, die mit den beobachteten in folgender Tafel zusammengestellt sind:

Lin.	Grane.		Lin.	Grane.		Lin.	Grane.	
	Beob.	Be-rechn.		Beob.	Be-rechn.		Beob.	Be-rechn.
84	2¼	5,2	8	100	100,0	3	173	179,0
12	70½	69,2	7	106	111,0	2	205	206,3
11	75½	75,2	6	111	123,7	1	240	(240)
10	85	82,6	5	132	138,8	½	270	260,0
9	92	90,3	4	149	157,3	0	300	...

Hier ist allerdings die Uebereinstimmung der Theorie mit der Erfahrung geringer, als bei Bella's Versuchen, den-noch hätte der Leidner Physiker ungleich mehr aus seinen Angaben ziehn können, wenn er diese Reduction derselben versucht hätte, und das vermuthete Gesetz der Abnahme wäre durch ihn schon auſser Zweifel gestellt worden, statt daſs seine Arbeit nur dazu beitrug, die Annahme desselben um ein hal-bes Jahrhundert zu verzögern.

Nicht glücklicher war er bei seinen Versuchen über die Anziehung des reinen Eisens durch den Magnet, wie dieses aus folgender Reihe in seinem *Experimentum* XVIII. (p. 44.) zu ersehn ist:

Lin.	Grane. Beob.	Grane. Berechn.	Lin.	Grane. Beob.	Grane. Berechn.	Lin.	Grane. Beob.	Grane. Berechn.
0	1312	...	6	164	147	12	61	62
1	472	488	7	140	124	16	37	41
2	361	(361)	8	121	106	19	24	31
3	285	276	9	106	91	29	10	16
4	229	219	10	84	80	35	7	11
5	201	178	11	70	70	37	4	10

Hierbei ergab sich x im Mittel aus 10 Bestimmungen, die im Maximum 0,5 abweichen, = 5,08 Lin. und die Distanz von 2 Lin. mit 361 Granen diente als Basis der Vergleichung.

Eine bessere Rechtſertigung des angenommenen Gesetzes auch für diesen Fall gewährt uns Bella's Experiencia III. im zweiten Theile seiner Abhandlung. Er hatte einen eisernen wohl polirten Cylinder von 4½ Lin. Durchmesser und 8 Zoll Länge an der Waage so aufgehangen, daſs eine Axe vertical hing. Aus den Beobachtungen ergab sich x = 10,0 Lin., womit man, von der Anziehung in 3 Lin. Distanz ausgehend, die nachstehenden Werthe erhält:

Lin.	Grane. Beob.	Grane. Berechn.	Lin.	Grane. Beob.	Grane. Berechn.	Lin.	Grane. Beob.	Grane. Berechn.
0	5460	...	12	294	293	48	26	42
3	842	(842)	18	182	182	60	14	29
6	552	554	24	118	123	72	8	21
9	394	392	36	53	67	84	4	16

Auch hier hält die quadratische Abnahme, wie bei der Anziehung eines wirklich magnetischen Körpers, nur bis auf ein paar Zoll Abstand vom Magnete mit der Natur selbst richtigen Schritt, weiterhin nimmt die Anziehung nach einem weit schnellern Verhältnisse ab. In dem früher berührten Falle, wo zwei Magnete einander gegenüber stehn, lieſs sich jene schnellere Abnahme einigermaſsen dadurch erklären, daſs bei einer gröſsern Distanz das relative Uebergewicht, welches die freundschaftlichen Pole der gröſsern Nähe wegen über die abstoſsenden haben, immer mehr abnehme, so daſs die letzteren im quadratischen Maſse wirksamer werden, allein beim Eisen kann diese Gegenwirkung weniger statt finden, wenigstens dürfte

der schwache Magnetismus, den der Cylinder von der Erde erhielt, kaum in Anschlag zu bringen seyn gegen die Kraft des kleinen kugelförmigen Magnetes von 1½ Zoll Durchmesser, der bewaffnet 174 Unzen trug. Auch stimmten die Beobachtungen in den angegebenen Grenzen nicht minder gut mit dem fraglichen Gesetze bei einem halben Zoll Länge des Cylinders überein, als da er 8 Zoll Länge hatte, wo doch offenbar sein terrestrischer Magnetismus verschieden seyn muſste. Daſs dieses wirklich der Fall war, ergiebt sich aus folgender Zusammenstellung der Kräfte, mit welchen dieser Cylinder vom *Nordpole*, so wie vom *Südpole* des groſsen Magnets im Maximum, d. h. bei der Berührung, angezogen wurde bei successiver Verminderung seiner Länge.

Länge d. Cylinders in halben Zollen.	Nordpol d. Magn.	Südpol d. Magn.	Verhältniſs der Anziehung nach der Länge des Cylinders.		Uebergewicht d. Südpols über den Nordpol.
	Gran.	Gran.	N.	S.	
16	4860	...	30,4	...	...
14	5270	5444	32,8	26,0	1,04
12	4416	5200	27,6	20,8	1,18
10	3844	4892	24,0	19,5	1,28
8	3116	4272	19,5	17,1	1,34
6	2368	2968	14,8	11,9	1,25
4	1736	2108	10,8	8,4	1,21
3	882	1306	5,5	5,4	1,54
2	368	644	2,3	2,6	1,75
1½	270	400	1,7	1,6	1,48
1	160	250	1,0	1,0	1,56

Die Ueberschrift dieser Columnen drückt ihren Inhalt au Die erste giebt die successiven Längen des eisernen Cylinde von 4½ Lin. Durchmesser, dessen Axe vertical über dem Ma gnete gehalten wurde und der also seinem Pole immer di nämliche Fläche darbot. Nach jedem Doppelversuche (dere Detail für die verschiedenen Abstände wir hier übergeh wurde ein halber Zoll vom obern Ende des Cylinders abg schnitten und derselbe ausgeglüht, um ihm jeden zufällig Magnetismus zu benehmen. In der zweiten Reihe befind sich die Maxima der Anziehung in Granen, mit welchen d Nordpol des Magnetes den Cylinder festhielt; in der dritt

Digitized by Google

eben diese für den Südpol. Die Zahlen der vierten und fünften Columne bezeichnen die verhältniſsmäſsige Abnahme dieser Anziehung als Folge der Massen- oder wohl nur Längenverminderung des Cylinders, die Anziehung bei $\frac{1}{2}$ Zoll Länge $= 1$ gesetzt. Die sechste Columne endlich stellt die verhältniſsmäſsig gröſsere Kraft dar, mit welcher der Cylinder bei verschiedenen Längen vom Südpole des Magnetes mehr angezogen wurde, als von seinem Nordpole, die Kraft des letztern $= 1$ gesetzt. Dieses Uebergewicht der Anziehung des Südpols, als Folge der im untern Ende des Cylinders erregten Nordpolarität, dürfte uns eher noch, als die absolute Anziehung, wie sie in der zweiten und dritten Columne ausgedrückt ist, ein Maſs des terrestrischen Magnetismus an die Hand geben. Seine Wirkung tritt desto mehr hervor, je geringer die Anziehung der Eisenmasse selbst war, obgleich mit Verminderung der Länge auch der terrestrische Magnetismus des Cylinders abnehmen muſste; dieses geschah jedoch nach einem andern Verhältnisse, als bei der Anziehung des Magnetes. Der stärkste Unterschied dieser letztern fällt auf die Längen von 12 und 10 halben Zollen, d. h. da, wo die Länge des Cylinders das 12fache seiner Dicke war.

In der Meinung, daſs, wie in der Elektricität, so vielleicht auch beim Magnetismus die zugespitzte Form des angezogenen Körpers einigen Einfluſs auf die Anziehung selbst habe, lieſs sich es der portugiesische Physiker nicht verdrieſsen) zu den 42 Versuchen, die er mit dem eisernen Cylinder angestellt hatte und deren jeder etwa ein Dutzend sorgfältiger Abwägungen enthielt, noch 36 andere mit einem eisernen Cylinder von denselben Dimensionen beizufügen, dessen oberes Ende in einen Konus von 1 Zoll Höhe auslief. Die Anziehung selbst in den verschiedenen Abstufungen der Entfernung zeigte sich nur unmerklich geringer als beim vollen Cylinder (für den Nordpol im Mittel etwa 5, für den Südpol nur 1 Procent), obgleich das Gewicht des letztern um nahe $\frac{1}{4}$ gröſser war, als das des zugespitzten. Daſs wirklich die Masse hierbei wenig thue, beweist eine Reihe eben so zahlreicher Versuche mit einem Cylinder, der auf die nämliche Weise, wie die beiden vorigen, successiv um 1 Zoll verkürzt wurde und dabei doppelt so groſsen Durchmesser, also eine viermal so groſse Grundfläche hatte. Wirklich betrug sein Gewicht

im Mittel nahe das vierfache (3,7) des erstern. Dennoch war die Kraft der Anziehung auf den groſsen Cylinder für den Nordpol nur um 8, für den Südpol nur um 1 Procent gröſser, als bei dem $3\frac{1}{2}$mal dünnern; ein sehr genügender Beweis, daſs die magnetische Anziehung sich *keineswegs nach der Masse des angezogenen Eisens richte.* Jener Abstand des eigentlichen Anziehungspunctes vom Polende des Magnets war beim Südpole immer geringer als beim Nordpole, indem x bei jenem meist 9 und 10 Lin., bei diesem 7 und 8 betrug. Was jedoch unter allen diesen veränderten Umständen, mochte der angezogene Körper ein Magnet oder ein Stück Eisen von noch so ungleicher Länge und Breite seyn, sich gleich blieb, das war *die Abnahme der Anziehung im umgekehrten Verhältnisse der Quadrate der Abstände für das Intervall von* 3 *bis* 24 *Linien.* Die 6 Stationen, in welchen die Abwägungen gemacht wurden, von 3, 6, 9, 12, 18, 24 Lin. geben ohne Ausnahme solche Resultate, mit denen die Theorie bis auf $\frac{1}{100}$ zusammenstimmte. Ohne allen Zweifel ist diese Sphäre der regelrechten Anziehung bei schwächern Magneten geringer. Im höchsten Grade merkwürdig, wo nicht unerklärbar, ist jedoch der bestimmte Gegensatz zwischen Musschenbroeck's und Bella's zahlreichen und evidenten Versuchen mit den früher angeführten von Lambert über die Lage des Centrums der magnetischen Anziehung in jedem Pole. Während die Lambert'schen es auſserhalb des Magnets legen, ist es bei diesen unleugbar innerhalb desselben, mit einer geringen Versetzung, je nach dem Maſse der Anziehung; eine Abweichung, die vermuthlich von der Lage eines ähnlichen Condensationspunctes in dem angezogenen Körper selbst herrührt. War dieser der sphärische Magnet von $\frac{3}{4}$ Zoll Durchmesser, so betrug die Verbesserung der Distanzen 17 bis 18 Linien, bei dem eisernen Cylinder war sie nur 6 bis 10 Linien, am Südpole des Magnets meistens um ein Paar Linien kürzer als am Nordpole.

Beide Beobachter, Musschenbroeck und Dalla Bella, haben sich auch bemüht zu entdecken, nach welchem Gesetze bei ihren Magneten die *Abstoſsungen der feindlichen Pole* statt fänden. Beide klagen über die groſse Schwierigkeit dieser Versuche, indem der an der Waage hängende Magnet immer seitwärts auszuweichen suche. Auch ihre Be-

obachtungen, obgleich mit Magneten von sehr verschiedener Kraft angestellt, stimmen in den wesentlichsten Erscheinungen überein.

1) Das Maximum der Abstoſsung findet nämlich nicht bei der Berührung, sondern in einer Entfernung statt, die bei den Versuchen beider Physiker 6 bis 7 Linien betrug. Bei kleinern Abständen nimmt die Abstoſsung ab und ihre Kraft ist bei der Berührung der Körper so ziemlich derjenigen gleich, die sie in einem Abstande von etwa 2½ Zoll äuſsern.

2) Die gröſste Kraft der Abstoſsung ist bei Musschenbroeck nur etwa $\frac{1}{10}$ der stärksten Anziehung, bei Dalla Bella ¼ bis ⅓ derselben, und beträgt bei diesem etwa die Hälfte, bei jenem nahe ein Viertel der Anziehung, welche in eben diesem Abstande eintrifft.

3) Was bei den Versuchen des portugiesischen Physikers noch besonders auffällt, ist, daſs bei den Abständen von 3 bis 8 Zollen die Abstoſsungen den Anziehungen beinahe vollkommen gleich sind. In den Versuchen des Leidner Physikers ist dieses wegen der Schwäche der magnetischen Kräfte in diesen Abständen weniger sichtbar. Wir bemerken dieses in nachstehender Tafel, welcher wir noch die eigenen Beobachtungen von Dalla Bella folgen lassen.

Abstand.	Abstoſsung.	Anziehung.	Abstand.	Abstoſsung.	Anziehung.
Zolle.	Gr.	Gr.	Zolle.	Gr.	Gr.
3	79	87	6	21	21
4	49	51	7	13	14
5	31	32	8	9½	10

Beobachtete Abstoſsungen gleichnamiger Pole.

Abst.	Grane.	Abst.	Gr.	Abst.	Gr.
Zoll. L.		Zoll.		Zoll.	
0 0	102	2	128	8	9½
0 3	228	3	79	9	6½
0 6	244	4	49	10	5
0 9	230	5	31	11	4
1 0	216	6	21	12	3
1 6	176	7	13		

Offenbar wirkt bei zunehmender Annäherung der Magnete die Anziehung der freundschaftlichen Pole der Abstoſsung entgegen und überwindet sie sogar, wenn der Abstand unter

Digitized by Google

einen halben Zoll fällt. Das Gegentheil hiervon findet jedoch bei der Anziehung nicht statt, da diese in den Abständen von 3 Linien bis 2 Zoll ohne irgend eine Störung dem Gesetze der Quadrate der Abstände folgt. Die Anziehung ist also im Magnete stärker als die Abstoſsung, und erst in einer Entfernung die über 2 bis 3 Zoll geht, treten diese Kräfte in eine Art von Gleichgewicht, wie dieses die oben angeführte Vergleichungstafel für die Abstände von 3 bis 8 Zoll beweist; in nähern Distanzen ist die Abstoſsung zu unkräftig, um die freie Wirkung der Anziehung als einer von einem Puncte ausgehenden Kraft zu stören. Ueberhaupt ist bei gröſserer Nähe nicht nur der jedem dieser Körper eigenthümliche Magnetismus, sondern auch derjenige thätig, welchen sie gegenseitig durch Vertheilung in einander erregen, und hierin liegt auch der Grund, warum die Anziehung weit kräftiger ist als die Abstoſsung. Bei der erstern wird durch die Erweckung entgegengesetzter Polaritäten die magnetische Kraft verstärkt, bei der letztern hingegen wird durch eben diese Ursache ein Theil der wirklichen Polarität neutralisirt, wodurch die Kraft der Abstoſsung verringert wird.

Auf einem ganz verschiedenen Wege gelang es im J. 1785 dem scharfsinnigen Coulomb, das Gesetz der *magnetischen Anziehung und Abstoſsung* auszumitteln[1]. Er bediente sich dazu der von Michell erfundenen, durch ihn wesentlich verbesserten *Drehwaage*, deren Theorie in Band II. dieses Wörterbuchs S. 591 gegeben worden ist. In dem am Drehungsdrahte befindlichen Bügel befestigte er einen gehärteten und gut magnetisirten Stahldraht als horizontale Magnetnadel und stellte seinem Polende einen andern magnetischen Draht in verticaler Richtung gegenüber. Beide hatten 24 Zoll Länge und 1½ Lin. Dicke. Durch diese bedeutenden Längen der Nadeln wurde es ihm möglich, den Einfluſs der entlegenern Pole gröſstentheils zu beseitigen. Mit diesem einfachen Apparate versuchte er vorerst den Einfluſs, den der Erdmagnetismus auf seine Nadel ausübte, zu bestimmen. Zu diesem Ende gab er dem Drehungsdrahte, als die Nadel im magnetischen Meridiane lag, zwei volle Umdrehungen; sie wurde dadurch um 20 Grade vom Meridiane abgelenkt. Die eigentliche Windung betrug

1 Mém. de l'Acad. 1785. p. 606.

Digitized by Google

also 720° — 20° oder 700°. In der Vorausſetzung, daſs die Kraft, mit welcher der Erdmagnetismus die Nadel dem Meridiane zudrängt, dem *Sinus der Ablenkung proportional sey*, und daſs bei Winkeln, die nicht viel über 20° gehn, statt der Sinus die Bogen su setzen seyen, hätte man also in diesem Falle $\frac{700^\circ \text{ Abl.}}{20^\circ} = 35$ Abl., d. h. es bedarf einer Windung von 35°, um die Nadel um einen Grad vom Meridiane abzulenken. Coulomb stellte nun dieser Magnetnadel den erwähnten magnetischen Draht in verschiedenen Entfernungen gegenüber, wobei die gleichnamigen Pole einander gegenüber standen, und erhielt folgende Abstoſsungen:

Windungen des Drahtes	Abstoſsungswinkel
0	24°
3 ganze Windungen	17
8 - -	12

Im ersten Versuche, der (nach einer spätern beiläufigen Anzeige) in 5 Zoll Abstand der einander gegenüberstehenden Pole gemacht ward, hatte die abstoſsende Kraft den Widerstand des mikrometrischen Drahtes für eine Windung von 24° und dann noch denjenigen des Erdmagnetismus von $24 \times 35^\circ$ oder 840°, im Ganzen also von 864° zu überwinden. Beim zweiten beträgt dieser Widerstand $3 \times 360^\circ + 17 = 1097^\circ$, wozu noch die Wirkung des Erdmagnetismus von 17×35 oder 595° hinzukommen, mithin war die Abstoſsung

$$= 1097 + 595 = 1692^\circ.$$

Der dritte Versuch giebt $8 \times 360^\circ + 12^\circ = 2892^\circ$, nebst $12 \times 35^\circ$ oder 420°, im Ganzen 3312°. Man hat also für die Abstoſsungswinkel oder Bogen 24, 17, 12, denen man unbedenklich ihre Chorden substituiren kann, die Kräfte 864, 1692, 3312. Legt man diese letzteren zum Grunde und berechnet daraus nach dem umgekehrten Verhältnisse der Quadrate der Entfernungen die correspondirenden Kräfte der beiden andern, so erhält man dafür die Werthe $3312 \times \frac{(12)^2}{(17)^2}$, und $3312 \times \frac{(12)^2}{(24)^2}$ oder 1650 und 828, anstatt 1692 und 864. Die Fehler von 42 und 36 Graden, die sich hier ergeben, sind nahe der Wirkung des Erdmagnetismus gleich und entspre-

chen mithin einem Grade Ablenkung, und vielleicht ist dieser nicht einmal einem Beobachtungsfehler beizumessen, sondern wohl auch den Einflüssen, welche die übrigen magnetischen Theile der beiden Nadeln unter mehr oder weniger günstigen Winkeln auf einander ausüben konnten. Auch für die Anziehung der ungleichnamigen Pole fand sich das nämliche Gesetz *des umgekehrten Verhältnisses der Quadrate der Distanzen* bestätigt.

Eben diese Resultate hatte sich Coulomb früher schon durch die unten zu betrachtende Methode der horizontalen Schwingungen einer Nadel verschafft. Durch unzweideutige Versuche hatte er gefunden, daſs in einem wohl gehärteten und magnetisirten Stahldrahte von 25 Zoll Länge und 1½ Lin. Dicke das magnetische Fluidum sich in den äuſserſten 2 bis 3 Zollen vom Ende condensirt befand und die übrigen innern Stellen wenig oder gar keine Wirkung auf die Magnetnadel äuſserten, daſs in eben diesen Drähten der magnetische Schwerpunct oder das Centrum der Anziehung und Abstoſsung auf 9 bis 10 Lin. vom Ende lag, mithin in einer Nadel von 1 Zoll Länge nur 1 bis 2 Lin. vom Ende entfernt seyn konnte. Eine solche kleine Stahlnadel, von 70 Gran Gewicht, lieſs Coulomb an einem einfachen Seidenfaden von 3 Zoll Länge aufgehängt, in verschiedenen Distanzen von dem vertical stehenden Stahldrahte, dessen unteres Ende um 10 Lin. unter der Ebene der kleinen Nadel sich befand, schwingen und erhielt folgende Resultate:

	Schwingungen der Nadel in 60 Sec.	
1)	15	Durch den Magnetismus der Erde.
2)	41	Der Stahldraht 4 Zoll vom Centrum d. Nadel.
3)	24	- - 8 - - - -
4)	17	- - 16 - - - -

Bei der Kleinheit der Nadel wurden beide Pole derselben vom untern (südlichen) Pole des Stahldrahtes nahe in gleichem Maſse afficirt. Der Südpol des letztern stand vom Nordende der Nadel um 3½ Zoll, von ihrem Südende um 4½ Zoll ab, so daſs man für seine gemeinschaftliche Entfernung von ihren Polen 4 Zolle annehmen kann. Verhalten sich nun die magnetischen Wirkungen umgekehrt wie die Quadrate der Distanzen, so sind sie wie $\frac{1}{4^2}, \frac{1}{8^2}, \frac{1}{(16)^2}$, oder wie 1, ¼, $\frac{1}{16}$, und

da die horizontalen Kräfte, welche die Schwingungen der Nadel bedingen, den Quadraten derselben für eine gegebene Zeit proportional sind, so ist z. B. die Einwirkung des Erdmagnetismus auf die Nadel durch die Zahl $15^2 = 225$ auszudrücken. Beim zweiten Versuche ist die vereinte magnetische Kraft der Erde und des Stahldrahtes $= 41^2 = 1681$, mithin die letztere allein $= 41^2 - 15^2 = 1456$. Wir erhalten auf diese Weise

für	4 Zoll Distanz	$41^2 - 15^2 = 1456$,
-	8 - -	$24^2 - 15^2 = 351$,
-	16 - -	$17^2 - 15^2 = 64$.

Die beiden ersten Abstände, 4 und 8, geben in den Zahlen 1456 und 351 nahe das richtige Verhältniſs, beim dritten ist der Werth 64 bedeutend zu klein. Allein hier ist bei 16 Zoll horizontalem Abstande des Stahldrahtes die Entfernung seines obern Pols von gröſserem relativen Einflusse als früher, sie ist nämlich $= \sqrt{(16^2 + 23^2)}$, mithin wenn die Wirkung des untern Pols durch $(\frac{1}{16})^2$ dargestellt wird, so ist die des obern $= \frac{16}{(16^2+23^2)^{\frac{3}{2}}}$, d. h. die erstere verhält sich zur letztern nahe wie 100 : 19. Da nun die Schwingungen der Nadel durch die vereinte Wirkung beider Pole bestimmt werden, der obere aber dem untern entgegen wirkt, so ist, wenn x die vereinzelte Kraft des letztern bezeichnet, $x - \frac{19}{100}x = 64$ und daraus $x = 79$, was allerdings besser in das gesuchte Verhältniſs paſst.

Bei diesen, wie bei den vorigen Versuchen, wird also aus einigen wenigen Distanzen das geglaubte Gesetz in völliger Allgemeinheit angenommen, ein Schluſs, der mit den obigen directen Abwägungen nicht übereinstimmend ist und es wünschenswerth macht, die letztere directe Untersuchungsart mit groſsen künstlichen Magneten aus hinreichend langen Stahlstangen zur Elimination der Gegenwirkung der Pole wiederholt zu sehn.

In den Denkschriften der Akademie von Turin für 1811[1] giebt G. Bidone eine neue sehr sinnreiche Construction einer

---

1 Im Auszuge mitgetheilt von Prof. Meineke in G. LXIV. 374.

Digitized by Google

Boussole an, die er dann ihrer vorzüglichen Beweglichkeit wegen auch zu Versuchen über das Gesetz des Abstandes
Fig. 126. benutzte. FL ist eine messingene Nadel, auf dem Hütchen C leicht beweglich. Auf derselben befinden sich in genau bestimmten Abständen (eigentlich an einer beweglichen Hülse befestigt) die Spitzen m, m′, m″, m‴, bestimmt, einer kleinen Magnetnadel NS als Gnomon zu dienen. Das verschiebliche Gewicht P am andern Schenkel der Nadel oder, wie Bidone ihn nennt, des Pfeils LF dient als Gegengewicht für die veränderlichen Standpuncte der Magnetnadel NS. Versieht man beide, Pfeil und Nadel, mit einem Gradbogen, so hat man ein sehr empfindliches Instrument zur Messung kleiner Anziehungen, bei welchem, wenn man den Winkel LCn des Pfeils mit α, den der Nadel LmS mit β bezeichnet, die Abweichung D vom magnetischen Meridiane durch $\frac{\pi}{2} - \alpha - \beta$ ausgedrückt wird. Von diesem Werkzeuge machte Bidone folgenden Gebrauch. Er befestigte am Ende F des Pfeils einen Draht, dessen einwärts gekrümmtes Ende einen vertical hängenden Draht op gerade berührte, wenn das Ende L auf Null seines Gradbogens zeigte. Das Ganze wurde so gestellt, daſs die Nadel NS, im magnetischen Meridiane liegend, mit dem Pfeil FL einen rechten Winkel bildete. Sodann wurde, gleichfalls in der Ebene des Meridians, der Nordpol N′ eines Magnetstabes dem Südpole S der Nadel so lange näher gerückt, bis der Pfeil FL durch das Bestreben der Nadel, sich dem Magnete zu nähern, um 4 Grade seitwärts abgelenkt war, wobei das Pendel op um den Bogen fg aus der verticalen Lage verdrängt wurde, und hierauf die Distanz N′S aufs Sorgfältigste gemessen. Diese Operation wurde nachher für die verschiedenen Standpuncte m, m′, m″ u. s. w. der Nadel sorgfältig wiederholt und so wurden aus den verschiedenen Hebellängen Cm und den Abständen N′S die nöthigen Data zur Ausmittelung des fraglichen Gesetzes gewonnen. Wenn nämlich der Pfeil auf 4° stand, so hing sein Gleichgewicht in dieser Lage einerseits von dem Seitendruck des aus der Verticale getriebenen Pendels op, andererseits von der Kraft des magnetischen Zuges nach der Richtung NS ab. Da nun für alle Versuche der Widerstand des Pendels der nämliche war, so muſsten auch die ihm entgegenstehenden magnetischen Kräfte sich unter einander gleich

seyn. Nennt man also R das beständige Moment des Widerstandes in Beziehung auf den Mittelpunct C der Bewegung, f', f'', f''' u. s. w. die gegenseitige Anziehung der Pole S und N' der Magnetnadel und des Stabes, l', l'', l''' u. s. w. die Hebelarme cm, cm', cm'' u. s. f., so erhält man als Gleichgewicht in den Reihen der Versuche:

$$f' \, l' = R$$
$$f'' \, l'' = R$$
$$f''' \, l''' = R \text{ u. s. w., und folglich}$$
$$f' : f'' = l'' : l'$$
$$f' : f''' = l''' : l'$$
$$f'' : f''' = l''' : l'' \text{ u. s. w.}$$

In diesen Proportionen sind die Gröſsen l', l'', l''' durch unmittelbare Messung gegeben und dienen dazu, die Verhältnisse der Kräfte f', f'', f''' u. s. w. zu bestimmen. Diese Kräfte hängen von den magnetischen Gröſsen des Stabes und der Nadel und von den Entfernungen ihrer anziehenden Pole N' und S ab. Da aber die ersteren für jede Reihe von Versuchen, die innerhalb zwei Stunden und unter gleichen äuſsern Umständen angestellt wurden, die nämlichen bleiben, so kommen bei der Vergleichung der Kräfte f', f'', f''' nur die letztern in Betracht. Bezeichnet man diese Entfernungen durch x', x'', x''' und durch φ (x) irgend eine Function von x, so hat man:

$$f' : f'' = \frac{1}{\varphi(x')} : \frac{1}{\varphi(x'')}$$
$$f' : f''' = \frac{1}{\varphi(x')} : \frac{1}{\varphi(x''')}$$
$$f'' : f''' = \frac{1}{\varphi(x'')} : \frac{1}{\varphi(x''')} \text{ u. s. w.}$$

Nimmt man für die Function von x die Form x^n an, so hat man zur Ableitung von n folgende Gleichungen:

$$n = \frac{\log l' - \log l''}{\log x' - \log x''}$$
$$n = \frac{\log l' - \log l'''}{\log x' - \log x'''}$$
$$n = \frac{\log l'' - \log l'''}{\log x'' - \log x'''} \text{ u. s. w.}$$

Digitized by Google

Hierbei wird vorausgesetzt, daſs nur die beiden nächsten magnetischen Pole N′ und S des Magnets und der Nadel auf einander einwirken, was zumal bei den ersten Versuchsreihen aus folgenden Gründen annehmbar ist:

1) war die magnetische Kraft der bei denselben gebrauchten Stäbe sehr gering und bewirkte keine Störung der Nadel, wenn die Pole N′ und S um einen Decimeter von einander abstanden;

2) war, weil Nadel und Magnetstab in einer Verticalebene lagen, die schiefe Richtung einer solchen Störung ungünstig;

3) war die Entfernung in den meisten Versuchen so groſs, daſs die Pole N und N′ auſser ihren Wirkungssphären sich befanden, und auf jeden Fall war die Nähe der befreundeten Pole in dem Maſse gröſser, daſs die Wirkung der entlegenern gegen denselben unbedeutend erscheinen muſste.

Die Länge der Magnetnadel NS betrug 103 Millimeter (3 Z. 10 L.). Jeder ihre Pole stand um 6½ Millim. (2,9 Lin.) vom Ende einwärts; sie wog 5,94 Gramme. Die gröſste Entfernung Cm, die der Nadel vom Centrum C des Pfeils gegeben werden konnte, war 108½ Millim. (4 Z.), das ganze Gewicht von Nadel und Pfeil betrug 6,597 Gramme. Die angewandten magnetischen Stäbe waren folgende: 1) Ein kleiner cylindrischer Stab von 150 Millim. (5½ Z.) Länge und 2 Millim. (1 Lin.) Durchmesser. 2) Ein ähnlicher von 330 Millim. (12¼ Z.) Länge und 2½ Millim. (1,1 Lin.) Stärke. 3) Ein groſser Stab aus 12 Platten zusammengesetzt, 614 Millim. (22¾ Z.) lang, am Nordende N′ 20 Millim. (9 Lin.) breit und 9 Millim. (4 Lin.) hoch, am andern 60 Millim. (27 Lin.) breit und 12 Millim. (5½ Lin.) hoch. Der Pol N′ lag 16 Millim. (7 Lin.) vom Ende des Stabes. Die beiden kleinern Stäbe wurden in senkrechter, der gröſsere in horizontaler Stellung der Nadel genähert.

Die nachfolgende Tafel enthält 55 Versuche, welche unter sich combinirt 113 Werthe für n gaben:

Digitized by Google

A. Versuche mit dem kleinen senkrechten Stabe von 150 Millimeter.

Nr.	Hebel-arm l	Kräfte f	Mittelzahlen für den Exponenten n	Entfernung x Beob-acht.	Be-rechn.
				m. m	
1	1,00	1		30,0	30,0
2	0,50	2	2,016 aus 13 Combinationen	21,0	21,21
3	0,33	3		17,5	17,32
4	0,25	4		15,0	15,00
5	0,20	5		13,5	13,42
6	0,17	6		12,5	12,25
I	0,83	1,2		27,0	27,0
II	0,67	1,5	1,993 aus 10 Combinationen	24	24,15
III	0,50	2		21	20,91
IV	0,33	3		17	17,08
V	0,17	6		12	12,07

B. Versuche mit dem kleinen senkrechten Stabe von 330 Millimeter.

I	1,00	1		28,75	28,75
II	0,83	1,2	2,007 aus 19 Combinationen	26,25	26,25
III	0,67	1,5		23,50	23,47
IV	0,50	2		20,50	20,33
V	0,20	3		16,50	16,60
VI	0,25	4		14,50	14,37
VII	0,17	6		11,75	11,74
I	1	1		45,25	45,25
II	0,67	1,5	1,977 aus 8 Combinationen	36,60	36,95
III	0,50	2		32,50	32
IV	0,33	3		26,33	26,13
V	0,25	4		22,25	22,63
I	1	1		46	46
II	0,50	2	2,018 aus 4 Combinationen	32	32,53
III	0,33	3		27	26,56
IV	0,25	4		23	23
I	1	1		47	47
II	0,50	2	2,012 aus 10 Combinationen	33	33,23
III	0,33	3		27	27,14
IV	0,25	4		23,5	23,50
V	0,20	5		21	21,02

Digitized by Google

C. Versuch mit dem groſsen horizontalen Stabe.

Nr.	Hebelarm l	Kräfte f	Mittelzahlen für den Exponenten n	Entfernung x Beobacht.	Entfernung x Berechn.
I	1	1	1,982 aus 10 Combinationen	146	146
II	0,50	2		103,5	103,24
III	0,33	3		84	84,29
IV	0,25	4		72,5	73
V	0,20	5		65	65,29
I	0,50	2	2,000 aus 5 Combinationen	125	125
II	0,33	3		103	102,10
III	0,25	4		88	88,40
IV	0,17	6		74	72,20
I	0,67	1,5	1,989 aus 6 Combinationen	190	190
II	0,50	2		164	164,5
III	0,33	3		134	134,4
IV	0,25	4		116	116,4
I	1	1	2,066 aus 9 Combinationen	250	250
II	0,67	1,5		206	204
III	0,33	3		149	144
IV	0,25	4		127	125
V	0,20	5		117	112
I	1	1	2,033 aus 9 Combinationen	280	280
II	0,67	1,5		231	229
III	0,50	2		200	198
IV	0,25	4		140	140
V	0,17	6		118	114

Die erste Columne der vorstehenden Tafel enthält die Nummer des Versuchs, die zweite giebt die Länge des Hebelarms Cm = 1 in Sechstheilen der gröſsten Hebellänge (von 108½ Millim.) an. In der dritten Spalte finden sich die Kräfte angegeben; sie stehn, da das Moment des Widerstandes für eine Versuchsreihe beständig einerlei ist, im umgekehrten Verhältnisse der Hebellängen. Die vierte legt das Mittel der aus den Versuchen abgeleiteten Werthe des Exponenten n dar. Die fünfte giebt die durch directe Messung gefundenen Entfernungen vom Südende S der Nadel zum Nordende N′ des Magnetstabes; sie ist gemeiniglich ein Mittel aus mehrmaligen Wiederholungen eines und desselben Versuchs. In der sechsten

erscheinen eben diese Entfernungen berechnet unter der Voraussetzung von n = 2,00.

Die groſse Uebereinstimmung der beiden letzten Zahlenreihen leistet wohl unumstöſslich den Beweis, *daſs das Gesetz des Quadrats der Entfernungen für die magnetische Anziehung* in einem gröſsern Intervalle statt finde, als aus den Abwägungen des Lissaboner Professors sich ergab, da es, wie die Versuche mit dem gröſsern Stabe zeigen, von 280 Millim. (10 Z. 4 L.) bis 65 Millim. (2 Z. 4½ L.) Stich hält.

Merkwürdig ist hierbei der Umstand, daſs die Versuche mit dem horizontal in der Richtung der Nadel liegenden gröſsern Magnete selbst den Beweis zu leisten scheinen, *daſs die entfernten Pole wenig oder nichts auf einander einwirken.* Denn, als man anfangs in der Berechnung auf eine solche Einwirkung Rücksicht nahm, ergaben sich sehr veränderliche und abweichende Resultate, hingegen wurden sie viel regelmäſsiger und gleichförmiger, als man nur die Wirkung der beiden nächsten Pole ins Auge faſste.

In der neuesten Zeit hat Hansteen in seinem für die Lehre vom Magnetismus so fruchtbaren Werke[1] auch diese Frage einer sorgfältigen theoretisch-praktischen Untersuchung unterworfen. Er schickt zuerst den Satz voraus, *daſs die Kräfte, mit welchen zwei magnetische Puncte einander anziehen oder abstoſsen, in einem Verhältnisse stehn, welches aus dem Producte der absoluten magnetischen Kraft dieser Puncte und aus einer gewissen Potenz ihres Abstandes zusammengesetzt ist*, und entwickelt die einfachen Ausdrücke dieser Kräfte. Sodann untersucht er die Kraft, mit welcher ein magnetischer Punct D, der in der verlängerten Axe eines Linearmagnets sich befindet, von diesem letztern sollicitirt wird, Fig. 127. und zeigt, daſs diese der Differenz der anziehenden und abstoſsenden Kräfte gleich sey, welche von den beiden Hälften AC und BC der Nadel in verschiedenen Puncten ausgehn, wobei es also auf die Vertheilung der beiden Magnetismen in der Nadel und auf den Abstand des Punctes D ankommt. In Beziehung auf die erstere ist, da das Centrum C der Nadel indifferent ist, die magnetische Kraft m des Punctes E = 1

1 Untersuchungen über den Magnetismus der Erde v. Christopher Hansteen. Christiania 1819. 4.

gesetzt, die Kraft in A irgend einer Potenz seines Abstandes von C proportional, also, wenn wir diesen Abstand mit x, die unbekannte Potenz mit r bezeichnen, wie x^r; ebenso ist, wenn n die magnetische Kraft des Punctes F in der andern Hälfte der Nadel ausdrückt, die Kraft in B ebenfalls x^r, und wenn wir die Entfernung des Punctes D vom Centrum der Nadel = a setzen, so ist sein Abstand von A = a — x und derjenige von B = a + x. Da nun die Anziehungen und Abstoſsungen im umgekehrten Verhältnisse irgend einer Potenz der Distanzen stehn, deren Exponent = t seyn mag, so sind in Beziehung auf diese die Kräfte wie $\frac{1}{(a-x)^t} : \frac{1}{(a+x)^t}$. Man kann sich in Rücksicht auf D die Gesammtkraft aller Puncte in der einen Halbaxe der Nadel als eine Gröſse denken, deren Differential $= \frac{m\,n\,x^r\,dx}{(a-x)^t}$ und für die andere Hälfte $= \frac{m\,n\,x^r\,dx}{(a+x)^t}$ ist, und da beide Kräfte einander entgegenwirken, so ist die Gesammtwirkung

$$K = mn\int\frac{x^r\,dx}{(a-x)^t} - mn\int\frac{x^r\,dx}{(a+x)^t},$$

oder, wenn man die Function des Abstandes a und der Magnetaxe x mit F bezeichnet, = mn F. Legt man in den Reihen, welche sich aus der Integration ergeben, für r und ebenso für t successiv die Werthe 1, 2, 3 unter, so erhält man neun verschiedene Ausdrücke für K, welche sich für eine gegebene halbe Länge der Nadel = x und für verschiedene Abstände a in eine Tafel bringen lassen, deren Werthe mit der Erfahrung zu vergleichen sind. Eine solche giebt Hansteen, in welcher x = 1 gesetzt und a im Vielfachen von x, von 4 bis 11 x, angenommen ist. Für eine und dieselbe Nadel bleibt mn sich gleich und kann also = 1 gesetzt werden.

Um nun zu erfahren, welche Annahme für die Gröſsen r und t mit dem wirklichen Thatverhalt am besten übereinkommen, stellte Hansteen folgende Versuche an.

Fig 128. Auf das Ende eines 4 Fuſs langen hölzernen Lineals wurde eine sehr gut gearbeitete Boussole mit versilbertem Limbus, deren Nadel 24,8 rheinl. Decimallinien Länge hatte

Digitized by Google

und die bei jeder Aenderung genau auf den vorigen Punct zurückkam, dergestalt aufgesetzt, daſs die Richtung ihres Nord- und Südpunctes mit der Länge des Lineals einen rechten Winkel bildete. Ein Magnetstab B von 5¼ Zoll Länge, 5½ Lin. Breite und 1,2 Lin. Dicke bewegte sich, auf die hohe Kante gestellt, in einer Furche, die durch die Mitte des Lineals seiner Länge nach gestoſsen war, und wurde erst dem Nordpole, dann dem Südpole der Nadel zugekehrt, in verschiedenen bestimmten Distanzen, deren Einheit die magnetische Halbaxe war, festgehalten und die hierdurch bewirkten Ablenkungen der Nadel nach Graden und Theilen derselben abgelesen. Das Lineal befand sich hierbei in einer Richtung, die auf den magnetischen Meridian senkrecht war, und eben dieselben Stationen wurden auch noch mit einem andern Magnete A von den nämlichen Dimensionen, doch einer etwas geringern magnetischen Kraft, durchgemacht. Es ergaben sich folgende Ablenkungen:

		11	10	9	7	5	4
Magnet B.	Nordpol	1°,0	1°,4	2°,0	4°,25	11°,75	23°,17
	Südpol	1, 1	1, 4	2, 0	4, 25	12, 00	23, 50
	Mittel	1°6′	1° 24′	2° 0′	4°15′	11° 52′	23° 20′
Magnet A.	Nordpol	1°, 0	1,25	1,67	3,50	9,67	10,90
	Südpol	0, 87	1,12	1,47	3,45	9,75	19,25
	Mittel	0°53′	1°11′	1°38′	3°33′	9°42′	19° 4′

Um die Resultate dieser Beobachtungen mit den oben berechneten Werthen von K in Vergleichung zu bringen, muſs man die Einwirkung der Kräfte, welche die jedesmalige Stellung der Nadel bestimmen, näher ins Auge fassen. Wenn nämlich MN den magnetischen Meridian vorstellt, so wirkt die magnetische Kraft der Erde auf alle Puncte der Nadel parallel mit demselben. Allein da diese Wirkung unter einem schiefen Winkel geschieht, so folgt, daſs nur der auf die Nadel senkrechte Theil der Kraft die Bewegung der Nadel in die Richtung MN hervorbringt. Bezeichnet man die magnetische Kraft der Erde mit M, diejenige der Nadel mit n, den Ablenkungswinkel Mcb mit ω und die halbe Länge der Nadel mit l, so wird die letztere gegen MN mit einer Kraft getrieben, deren Moment $= \mathrm{M\,n\,l.\ Sin.}\,\omega$ ist. Die Nadel wird

ferner von dem Magnetstabe AB, der in einer auf den magnetischen Meridian senkrechten Richtung ihr zugekehrt ist, mit einer Kraft sollicitirt, welche (wenigstens für gröſsere Entfernungen) dem Sinus des Winkels Bcb proportional ist, und die also, wenn K = mnF die beschleunigende Kraft des Magnets ausdrückt, = Kl. Sin. bcB = mnl. F. Cos. McB zu setzen ist. Das Gleichgewicht der auf die Nadel einwirkenden Kräfte der Erde und des Magnets erfordert aber, daſs Mnl. Sin. ω = mnl. F. Cos. McB sey. Es ist also M. Tang. ω = m. F oder Tang. $\omega = \frac{m}{M}$. F. Da nun M oder die magnetische Kraft der Erde und m, welches die eigenthümliche Kraft des Magnets bezeichnet, beständige Gröſsen sind, so ist offenbar, daſs die Tangenten der beobachteten Ablenkungswinkel den Werthen der Function F proportional seyn müssen. Legt man daher für die aus der Theorie abgeleiteten, so wie für die beobachteten Gröſsen den Abstand a = 11 zum Grunde, so müssen die Ergebnisse in den übrigen Abständen in beiden Tafeln zu dieser das nämliche Verhältniſs haben. Am sichtbarsten wird die Vergleichung, wenn man die Logarithmen der Function F für die Distanzen a = 10, 9, 7 u. s. w. vom Logarithmus der Function für a = 11 und ebenso die Logarithmen der Tangenten von ω für eben diese Abstände vom Log. Tang. ω für a = 11 abzieht. Sie ergeben sich in folgenden Tafeln:

Abst.	Winkel ω		Log. Tang. ω		Diff. Log. Tang. ω		
a	Magnet A.	Magnet B.	Magnet A.	Magnet B.	Magnet A.	Magn. B.	Mittel aus A. u. B.
11	0° 53′	1° 6′	8,18804	8,28332			
10	1 11	1 24	8,31505	8,38809	0,12701	0,10477	0,11589
9	1 38	2 0	8,45507	8,54308	0,26703	0,25976	0,26339
7	3 33	4 15	8,79266	8,87106	0,60462	0,58774	0,59618
5	9 44	11 52	9,23283	9,32248	1,04479	1,03916	1,04197
4	19 4	23 20	9,53861	9,63484	1,35057	1,35152	1,35104

Digitized by Google

Abstand	Log. F für t = 2.			Diff. Log. F (t = 2.)		
a	r = 1.	r = 2.	r = 3.	r = 1.	r = 2.	r = 3.
11	7,00509	6,88062	6,78405			
10	7,13017	7,00582	6,90617	0,12508	0,12520	0,12212
9	7,26867	7,14445	7,04805	0,26358	0,26583	0,26400
7	7,60038	7,47663	7,38057	0,59529	0,59601	0,59652
5	8,04930	7,92669	7,83146	1,04421	1,04607	1,04741
4	8,35233	8,23108	8,13682	1,34724	1,35046	1,35277

Abstand	Diff. Log. F. für t = 1.			Diff. Log. F (für t = 3.)		
a	r = 1.	r = 2.	r = 3.	r = 1.	r = 2.	r = 3.
11						
10	0,08327	0,09387	0,08332	0,16712	0,16727	0,16740
9	0,17538	0,18607	0,17558	0,35221	0,35257	0,35284
7	0,39578	0,40672	0,39641	0,79591	0,79705	0,79559
5	0,69328	0,70480	0,69490	1,39796	1,40103	1,40332

Die erste Columne dieser drei Tafeln enthält die Abstände vom Centrum der Nadel zum Centrum des Magnets. In der zweiten und dritten Columne der ersten Tafel befinden sich die oben angeführten Ablenkungen der Nadel nach Graden und Minuten für die beiden angewandten Magnete A und B. Die vierte und fünfte Verticalreihe giebt die logarithmischen Tangenten dieser Winkel. In der sechsten und siebenten erblickt man die Differenzen zwischen der ersten und zweiten, der ersten und dritten, der ersten und vierten Tangente u. s. f. Die achte Columne stellt das arithmetische Mittel aus beiden dar. Diese Zahlen sind also die Logarithmen der Quotienten aller Tangenten, wenn diese durch die Tangente des Ablenkungswinkels für den Abstand a dividirt werden, und die ihnen zugehörigen Zahlen zeigen das Verhältniſs der magnetischen Anziehung in jedem Abstande zu demjenigen im Abstande von 11 halben Nadellängen. In der zweiten Tafel findet man die Logarithmen der allgemeinen Functionen, welche sich für die magnetische Anziehung zweier Körper bei verschiedenen Abständen aus der Theorie ergeben, wenn der Exponent des Abstandes = 2 gesetzt wird, also die magnetischen Kräfte nach den Quadraten der Distanzen abnehmend gedacht werden. Hierbei ist das Gesetz der Vertheilung der Kraft im Magnete selbst in der ersten, zweiten und dritten Potenz angenommen. Die logarithmischen Differenzen dieser Functionen, wenn sie successiv durch diejenige

des Abstandes 11 dividirt werden und die in den drei letzten Columnen der zweiten Tafel enthalten sind, stimmen so gut mit den Zahlen der letzten Columne der ersten Tafel überein, daſs kein Zweifel obwaltet, daſs wenigstens für diese Abstände von 4 bis 11 die Annahme von $t = 2$, oder das Quadrat der Abstände, in der Natur selbst begründet sey. In der dritten Tafel sind eben diese logarithmischen Unterschiede für die noch übrigen Functionen, wenn $t = 1$ oder $= 3$ gesetzt wird, angeführt, deren flüchtige Vergleichung mit den logarithmischen Differenzen der Tangenten in der letzten Columne der ersten Tafel sogleich erkennen läſst, daſs die magnetische Anziehung weder das einfache noch das kubische Verhältniſs der Abstände befolge. Weniger entschieden tritt der Einfluſs der verschiedenen Voraussetzungen von r für das Gesetz der Ausbreitung des Magnetismus im Magnete selbst vom Centrum des Stabes bis zu seinem Ende hervor und wohl müſste dieses durch Ablenkungen in kleinern Abständen oder auf einem andern directen Wege besser ausgemittelt werden können.

In einer spätern Untersuchung über die Wirkung eines Linearmagnetes auf einen Punct, der in der Verlängerung seiner Axe liegt[1], kommt Hansteen auf den Ausdruck

$$K = \frac{2mn}{r+2} \cdot \frac{x^{r+2}}{a^3},$$

zufolge dessen sich die magnetische Wirkung K umgekehrt wie die dritten Potenzen der Abstände a verhält und (wunderbar genug!) die nämlichen Beobachtungen, welche vorhin das umgekehrte Verhältniſs der Quadrate begründeten, dienen auch diesen Satz zu bestätigen, wie dieses aus folgender Tafel ersichtlich ist:

---

1 S. 144 des angeführten Werkes.

Digitized by Google

Abstand a.	Ablenk. ω.	a^3.	$\frac{1}{a^3}$.	Tang. ω	Berechnung	Diff.
11	1° 6'	1331	..751	0,0192	(192)	
10	1 24	1000	1000	244	256	—12
9	2 0	729	1372	349	351	— 2
8,6	2 15	636	1572	393	403	— 9
8,2	2 39	551	1814	463	463	0
7,8	3 6	474	2107	542	537	+ 5
7,4	3 37	405	2468	632	632	0
7,0	4 15	343	2915	743	743	0
6,6	5 6	287	3478	892	888	+ 4
6,2	6 11	238	4196	1083	1072	+ 11
5,8	7 38	195	5125	1340	1308	+ 32
5,4	9 20	157	6349	1643	1622	+ 21
5,0	11 52	125	8000	2101	2043	+ 58

Hier enthält die erste Columne die vorhin theilweise angeführten Abstände a vom Centrum des Magnetstabes zum Centrum der Nadel in halben Nadellängen, in der zweiten befinden sich die zugehörigen Ablenkungswinkel ω für den Magnet B, in der dritten sind die Kubi der Abstände und in der vierten die Reciprocalzahlen dieser letzteren gegeben; die fünfte liefert die Tangenten von ω auf 4 Decimalstellen und in der sechsten erscheinen Zahlen, welche aus der Proportion $751 : 192 = \frac{1}{a^3} : \text{Tang. } \omega$ gebildet worden. Ihre Abweichungen in der letzten Columne zeigen, daſs auch dieses Gesetz der Abnahme, bei welchem keine Verbesserung der scheinbaren Abstände versucht worden ist, mit den Beobachtungen bis auf eine gewisse Distanz, die auf das Fünf- bis Sechsfache der halben Nadellänge anzusetzen ist, übereinstimme. Innerhalb dieser Sphäre kommt die Länge der Nadel in Betracht, indem die Anziehungen unter allzuschiefen Winkeln geschehen, um in ihrer vollen Kraft wirken zu können.

Bei den Untersuchungen über die gegenseitige Anziehung zweier Magnete, deren Axen in einer und derselben geraden Linie liegen, geräth Hansteen auf den Schluſs, daſs bei groſsen Entfernungen die Anziehung sogar das umgekehrte Verhältniſs der vierten Potenzen der Abstände befolge. Dieses mag für Linearmagnete (Magnetstäbe) unter gewissen Umständen der Fall seyn, leidet aber keine Anwendung auf die oben

erwähnten zahlreichen und evidenten Versuche des Portugiesischen Physikers. Wohl mögen die verschiedenen Gestaltungen, in welchen dieser verwickelte Gegenstand auch der theoretischen Untersuchung sich darbietet, den so abweichenden Schlüssen, welche die frühern Physiker aus ihren Beobachtungen zogen, zu einer gewissen Rechtfertigung gereichen, aber sie erregen zugleich noch lebhafter den Wunsch, durch neue, möglichst einfache und abgeänderte Versuche, in welchen jedes Element einzeln kräftig hervortritt, die Frage der magnetischen Anziehung erörtert zu sehn. Nur eine vervollkommnete Experimental-Untersuchung vermag in einem so räthselhaften Gebiete der Theorie die richtigen Wege anzudeuten und ihr die Schlupfwinkel aufzudecken, hinter welchen die Natur ihre anziehendsten Geheimnisse verborgen hat.

Neuerdings fand sich auch Scoresby bei Gelegenheit der von ihm vorgeschlagenen Methode, durch die Ablenkung einer Compaſsnadel vermittelst eines Magnetstabes die Dicke von Mauern, Felsmassen, Erdschichten u. s w. zu bestimmen[1], veranlaſst, das Gesetz der Abnahme der magnetischen Wirkung einer neuen Prüfung zu unterwerfen. Von der Annahme ausgehend, daſs die directive Kraft eines Magnets nach den Quadraten der Entfernung abnehme, entwickelt er zuerst die Gesammtwirkung der beiden Pole eines Stabes von bestimmter Länge und vergleicht sie nachher mit den Tangenten der auf verschiedene Entfernungen beobachteten Ablenkungswinkel. Nennt man nämlich a die Länge des Magnetstabes, welche als Einheit der Distanzen angenommen wird, x den Abstand des einen oder andern Pols vom Centrum der Boussole und F die Wirkung dieses Pols, so wird sie für den nähern Pol (im Abstande x) $= \frac{F a^2}{x^2}$ und die entgegenstehende Wirkung des entferntern Pols (im Abstande x) $+ 1 = \frac{F a^2}{(x+1)^2}$. Die resultirende Wirkung oder der Unterschied dieser Kräfte $= R$ ist also $= F a^2 . \left(\frac{1}{x^2} - \frac{1}{(x+1)^2} \right) = F a^2 . \frac{(x+1)^2 - x^2}{x^2 (x+1)^2} = F a^2 . \frac{2x+1}{x^2 (x+1)^2}$.

1 S. seine Mittheilung an d. Kön. Soc. in London im Juni 1831. Jameson's new Edinb. phil. J. Nr. 24 n. 25.

Setzt man zuerst $x = a$, so wird

$$R = F a^2. \frac{2a+1}{a^2(a+1)^2} = F. \frac{2.a+1}{(a+1)^2}, \text{ daraus } F = \frac{(a+1)^2}{2a+1},$$

und hinwiederum

$$F.a^2. \frac{2x+1}{x^2(x+1)^2} = R. \frac{a^2.(a+1)^2}{2a+1} . \frac{2x+1}{x^2(x+1)^2}.$$

Scoresby hat für die Abstände von 1 bis 50 Stabeslängen die Werthe von R nach der vorstehenden Formel

$$R = F.a^2. \frac{2x+1}{x^2(x+1)^2}$$

in gewöhnlichen Brüchen berechnet. Diese sind beim Abstande $a = 1$ für den nähern Pol $= 1$, für den entferntern $= \frac{1}{2^2}$, die vereinigte Wirkung beider ist also $= \frac{1}{1} - \frac{1}{4} = \frac{3}{4}$; beim Abstande 2 ist die Wirkung des nähern Pols $= \frac{1}{2^2}$, die des entferntern $= \frac{1}{3^2}$, die Totalwirkung $= \frac{1}{4} - \frac{1}{9} = \frac{5}{36}$ u. s. f. Nimmt man die erste Distanz als Einheit an und dividirt sonach die folgenden Resultate durch $\frac{3}{4}$, so erhält man folgende Werthe von R, die nebst ihren Reciprocalzahlen in Scoresby's Tafel in der fünften und sechsten Columne vorkommen.

Dist.	R.	$\frac{1}{R.}$	Dist.	R.	$\frac{1}{R.}$	Dist.	R.	$\frac{1}{R.}$	Dist.	R.	$\frac{1}{R}$
1	$\frac{1}{1}$	1,0	4	$\frac{9}{300}$	33,3	7	$\frac{15}{2352}$	156,8	10	$\frac{21}{9075}$	432,1
2	$\frac{5}{27}$	5,4	5	$\frac{11}{675}$	61,4	8	$\frac{17}{3888}$	228,7	11	$\frac{23}{13068}$	568,2
3	$\frac{7}{108}$	15,4	6	$\frac{13}{1323}$	101,8	9	$\frac{19}{6075}$	319,7	12	$\frac{25}{18252}$	730,1

Wenn diese Ausdrücke der magnetischen Wirkung, die auf das Gesetz der quadratischen Verbreitung sich gründen, die richtigen sind, so müssen sie den Tangenten der Ablenkungswinkel der Boussole für jede Entfernung proportional seyn; denn die Nadel wird hierbei von zwei Kräften sollicitirt, der beständigen des Erdmagnetismus, welche die Nadel in die Richtung des magnetischen Meridians zieht, in Verbindung mit dem in eben dieser Richtung wirkenden Theile der nach der Entfernung veränderlichen Anziehung des Ma-

Digitized by Google

gnetstabes, und von der winkelrecht auf den Meridian gerichteten Componente dieser Anziehung.

Scoresby's Beobachtungen stimmen mit dieser Voraussetzung innerhalb der Grenzen überein, welche bei dieser Untersuchung mit gewöhnlichen Compassen anzunehmen sind. Es sind folgende.

Versuche mit einem Magnetstabe von 2 Fuſs.

Dist.	Ablenkung.	Tang.	$\frac{1}{R}$	$\frac{Tang.}{R}$	Berechn. Tang.	Berechn. Ablenk.	Unterschied.
1	34° 16′	68130	1	68130	74000	36° 30′	−2° 14′
2	7 43	13550	5,4	73170	13703	7 48	−0 5
3	2 43	4745	15,4	73208	4796	2 44	−0 1
4	1 13	2124	33,3	71022	2220	1 16	−0 3
5	0 42	1222	61,4	74984	1296	0 42	−0 0
6	0 27	785	101,8	79888	727	0 25	+0 2
7	0 17	495	156,8	77617	472	0 17	0 0
8	0 11	320	228,7	73186	323	0 11	0 0
9	0 7½	219	319,7	70022	231	0 8	0 0
10	0 6	175	432,1	75625	170	0 6	0 0

Die erste Columne dieser Tafel giebt die Distanzen in Stabeslängen an, in der zweiten befinden sich die Ablenkungswinkel; sie sind Mittelzahlen zwischen der Anziehung des Südpols und des Nordpols des Stabes, deren Angaben selten mehr als zwei Minuten differiren. Die dritte Reihe giebt die Tangenten dieser Winkel, und in der fünften erhält man den Quotienten des Verhältnisses der nach der Rechnung angenommenen und der beobachteten magnetischen Kräfte; dieses sollte allerdings ein constantes seyn. Nimmt man als Mittelzahl den Werth 74000 an und berechnet rückwärts aus diesen Zahlen die Tangenten, so erhält man die Werthe der sechsten Columne, und in der siebenten ihre zugehörigen Winkel. Die Differenzreihe der letzten Columne zeigt nur in der ersten Beobachtung, wo der Stab der Boussole sehr nahe war, eine bedeutende Abweichung. Eine wesentliche Quelle der Verschiedenheit zwischen Rechnung und Beobachtung fand sich auch in dem Umstande, daſs man für die Angabe der Distanzen die ganze Länge des Stabes und nicht, wie man nachher that, den gegenseitigen Abstand der Pole auf dem Stabe als Einheit der Messung annahm. Bei spätern Versuchen mit einem Magnetstabe von 3 Fuſs, dessen Pole jedoch

nur 2 Fuſs 3 Z. aus einander lagen, zeigte nach dieser richtigern Annahme die Rechnung eine noch bessere Uebereinstimmung mit der Beobachtung:

Dist.	Entf. d. nächst. Pole v Comp.	Ablenk.	Tang.	Verhältniſszahl	Berechn. Tang.	Berechn. Ablenk.	Fehler
1	2 F. 3 Z.	50° 48	122612	122612	121600	50°. 34′	+ 14′
2	4 9	12 36	22353	120706	22518	12. 41	— 5
3	7 3	4 31	7899	121870	7881	4. 30	+ 1
4	9 9	2 4	3609	120300	3648	2. 5	— 1
5	12 3	1 8	1978	121377	1982	1. 8	0
6	14 9	0 41	1193	121411	1195	0. 41	0
7	17 3	0 27	785	123088	776	0. 27	0

Bei dieser Berechnung wurde als mittlere Verhältniſszahl der berechneten und der beobachteten magnetischen Kraft die Zahl 121600 angenommen; auch hier erweist sich die Richtigkeit der Annahme einer Verbreitung der magnetischen Wirkung nach dem umgekehrten Verhältnisse der Quadrate der Distanzen als mit der Erfahrung vollkommen übereinstimmend. In einer umständlichen Erörterung sucht Scoresby noch die Richtigkeit dieses Gesetzes auch für diejenigen Fälle zu erweisen, wo wegen allzugroſser Nähe die Wirkung des Magnets nicht mehr bloſs auf das Centrum der Boussole bezogen werden kann, sondern die veränderliche und ungleiche Entfernung der Pole der Compaſsnadel selbst in Betracht kommt.

Endlich haben die Untersuchungen, welche der um die Mathematik und Astronomie so hoch verdiente Prof. Gauss der Lehre vom Magnetismus widmete, alle Zweifel über die Richtigkeit des hier besprochenen Gesetzes ganz zum Ziele gebracht[1]. Mit einem Apparate, der durch die Schärfe und Sicherheit der Beobachtungen auch die höchsten Anforderungen, die man an physikalische Beobachtungen machen darf, noch übertraf[2], stellte er eine Reihe von Versuchen über die Ablenkung einer Magnetnadel durch eine zweite nahe gelegene an. Die zwei Nadeln (die bewegliche und die feste), jede

1 Intensitas vis magneticae terrestris ad mensuram absolutam revocata. Göttingae 1833. 4.

2 S. unten: *Magnetische Werkzeuge.*

etwa 3 Decimeter (11 Z.) lang, wurden in zwei verschiedenen Lagen combinirt. Bei der ersteren lag die feste Nadel senkrecht auf den Meridian dem Centrum der beweglichen Nadel winkelrecht gegenüber, bald im Westen bald im Osten derselben, abwechselnd dem Nordpole, dann dem Südpole zugekehrt. Das gab vier Beobachtungen u, u′, u″, u‴, die in eine einzige v zusammengezogen wurden. Andere vier Ablenkungen erhielt man, wenn die feste Nadel im Meridiane selbst, ihn quer durchschneidend, sich befand, sie konnte im Süden oder im Norden der beweglichen Nadel liegen und mit ihrem Nordpole nach Osten oder Westen umgelegt werden; die Vereinigung der vier Resultate $\frac{1}{4}(u - u' + u'' - u''')$ gab den Werth v′. In beiden Fällen hatte man für die verschiedenen Entfernungen R

$$\text{Tang. } v = L R^{-(n+1)} + L' R^{-(n+3)} + L'' R^{-(n+5)} + \ldots.$$

wobei n den in Frage liegenden negativen Exponenten des Abstandes, L aber einen Coefficienten bezeichnet, der von der magnetischen Kraft der Nadel, vom Erdmagnetismus und dem horizontal wirkenden Theile desselben, endlich auch von dem Widerstande abhängt, den die Drehung des Fadens den Ablenkungen entgegensetzt. Dabei ist zu bemerken, daſs für die erstere Classe von Beobachtungen der Werth von L um n mal vergröſsert wird. Aus 52 Beobachtungen für die erstere Lage, wo die feste Nadel sich seitwärts von der beweglichen im Osten und im Westen befand, ergaben sich 13 Ablenkungen v für die Entfernungen von 1,3 bis 4,0 Meter (von 4 bis 12 Fuſs) und ebenso 25 andere v′ aus 60 Beobachtungen für den zweiten Fall, wo die feste Nadel ebenfalls quer auf den Meridian im Norden und Süden der beweglichen lag, für die Entfernungen von 1,1 bis 4,0 Meter (3 bis 12 F.). Die erstern sind, wie die Formel angiebt, beinahe das Doppelte der letztern, woraus für n der Werth = 2 sich sogleich darbietet. Auch stehn in beiden Reihen die Ablenkungen im umgekehrten Verhältnisse des Kubus der Entfernungen. Gauss zog nach der Methode der kleinsten Quadrate die Werthe der Coefficienten L und L für beide Beobachtungsreihen, nämlich

$$\text{Tang. } v = 0{,}086870\, R^{-3} - 0{,}002185\, R^{-5} \text{ und}$$
$$\text{Tang. } v' = 0{,}043435\, R^{-3} + 0{,}002449\, R^{-5}.$$

Aus diesen berechnet er die nachstehenden Werthe, welche

Digitized by Google

mit den Beobachtungen selbst in folgender Tafel enthalten sind:

Abstd. R.	v. Beob.	v. Berechn.	Diff.
1,3	2° 13′ 51″, 2	2° 13′ 50″, 4	+ 0″,8
1,4	1 47 28, 6	1 47 24, 1	+ 4,1
1,5	1 27 19, 1	1 27 28, 7	— 9,6
1,6	1 12 7, 6	1 12 10, 9	— 3,3
1,7	1 0 9, 9	1 0 14, 9	— 5,0
1,8	0 50 52, 5	0 50 48, 3	+ 4,2
1,9	0 43 21, 8	0 43 14, 0	+ 7,8
2,0	0 37 16, 2	0 37 5, 6	+ 10,6
2,1	0 32 4, 6	0 32 3, 7	+ 0,9
2,5	0 18 51, 9	0 19 2, 1	— 10,2
3,0	0 11 0, 7	0 11 1, 8	— 1,1
3,5	0 6 56, 9	0 6 57, 1	— 0,2
4,0	0 4 35, 9	0 4 39, 6	— 3,7

Abstd. R.	v′. Beob.	v′. Berechn.	Diff.
1,1	1° 57′ 24″, 8	1° 57′ 22″, 0	+ 2″,8
1,2	1 29 40, 5	1 29 46, 5	— 6,0
1,3	1 10 19, 3	1 10 13, 3	+ 6,0
1,4	0 55 58, 9	0 55 58, 7	+ 0,2
1,5	0 45 14, 3	0 45 20, 9	— 6,6
1,6	0 37 12, 2	0 37 15, 4	— 3,2
1,7	0 30 57, 9	0 30 39, 1	— 1,2
1,8	0 25 59, 5	0 26 2, 9	— 3,4
1,9	0 22 9, 2	0 22 6, 6	+ 2,6
2,0	0 19 11, 6	0 18 55, 7	+ 5,9
2,1	0 16 24, 7	0 16 19, 8	+ 4,9
2,5	0 9 36, 1	0 9 38, 6	— 2,5
3,0	0 5 33, 7	0 5 33, 9	— 0,2
3,5	0 3 28, 9	0 3 29, 8	— 0,9
4,0	0 2 22, 2	0 2 20, 5	+ 1,7

Eine so seltene Uebereinstimmung der Construction mit der Erfahrung ist nicht nur die rühmlichste Probe von der Geschicklichkeit und dem strengen Verfahren des Beobachters, sondern sie leistet auch den ermunternden Beweis, daſs auch in den sogenannten physikalischen Erscheinungen die Natur eine Regelmäſsigkeit und Schärfe bewahre, die wir sonst nur in den ungleich einfachern Combinationen der Astronomie zu finden gewohnt sind. Die magnetische Wirksamkeit nimmt also genau nach den Quadraten der Entfernungen ab und der

Digitized by Google

Magnetismus bewahrt diesemnach, trotz allen übrigen Eigenthümlichkeiten, in völliger Reinheit ein Gesetz, das jeder von einem Puncte ausgehenden Kraft nach der allgemeinen geometrischen Ansicht zukommt.

X. Vertheilung des Magnetismus im Innern magnetisirter Stahlstäbe.

Die allgemeine Erfahrung zeigt, daſs die magnetischen Kräfte in jedem des Magnetismus fähigen Körper nach seinen äuſsersten Enden hingedrängt seyen und daſs es in der Mitte desselben eine Stelle gebe, wo gar keine Wirkung bemerkbar ist. Bei den natürlichen Magneten sind es zwar ihrer unregelmäſsigen Gestalt wegen nicht immer die entlegensten Puncte des Körpers, in welchen die magnetische Kraft concentrirt erscheint; allein in den künstlichen Stahlmagneten, deren Länge beträchtlich gröſser ist als ihre Dicke, liegen jene Verdichtungspuncte, die *Pole*, ganz an den äuſsersten Enden des geraden oder gekrümmten Stabes. Es fragt sich, *nach welchem Gesetze die magnetische Kraft von da an bis zur Mitte abnehme.* Offenbar kommen hier drei von einander ganz unabhängige Elemente in Betracht: 1) die *Länge* des Magnetstabes; 2) sein *Querschnitt* nach seiner Gröſse und seiner Gestalt; 3) die *absolute Stärke* des ihm inwohnenden Magnetismus. Daſs hierbei nur prismatische oder cylindrische, keineswegs zugespitzte oder konische Stäbe zu verstehn seyen, daſs sie in Absicht auf Härtung in ihrer ganzen Länge gleichförmig, nicht (wie es etwa bei Compaſsnadeln der Fall ist) in der Mitte weicher seyn sollen, und daſs die Magnetisirung bis zur Sättigung gebracht und für beide Pole von gleicher Stärke seyn müsse, bedarf wohl keiner Erinnerung, da selbst mit diesen einfachern Bedingungen die Frage genug Schwierigkeiten darbietet.

Der Erste, der diesen Gegenstand in Betrachtung zog, war Tobias Mayer. In der dürftigen Nachricht, die wir von seiner umfassenden Arbeit über den Magnetismus in den Göttingischen Anzeigen von gelehrten Sachen vom 16. Junius 1760 haben, steht seine Meinung hierüber in folgenden Worten ausgedrückt: „Hr. Mayer betrachtet einen Magnet, der

Digitized by Google

„gerade ist und durchgehends gleiche Dicke hat, so wie etwann die gemeine Gestalt der künstlichen Magnete ist. Den „Punct, der zwischen beiden Enden oder Polen in der Mitte „liegt, nennt er den *Mittelpunct*. Jedes einzelne Theilchen „des Magnets hat eine Kraft, auf jeden Theil eines andern „ähnlichen Magnets zu wirken, und diese Kraft ist desto grö-„fser, je weiter die gedachten Theilchen beider Magnete von „ihrem Mittelpuncte sind: *sie verhält sich genau, wie die „Weite jedes Theilchens von dem Mittelpuncte des Magnets, „zu welchem es gehört.*“ Die Gründe, auf welche Mayer diese so bestimmt ausgesprochene Meinung gestützt haben mag, sind mit seiner Abhandlung selbst für uns verloren gegangen. Welches Schicksal diese betroffen, ob er sie selbst vernichtet oder dieses andern überlassen habe, ist nach sieben Decennien, und nachdem die Aufforderungen der Physiker an die Hüter seiner literärischen Schätze erfolglos geblieben sind[1], nicht mehr auszumachen. Leider fiel seine Vorlesung in eine Epoche, wo die Königl. Gesellschaft aufser Stand war, ihre Denkschriften herauszugeben, und dieses jedem Mitgliede selbst zu thun überlassen blieb[2]. Mayer starb zwei Jahre nachher. Auf jeden Fall ist anzunehmen, dafs diese Voraussetzung entweder auf keinen oder doch sehr mangelhaften Versuchen beruhe, da Coulomb's und Hansteen's genauere Forschungen derselben widersprechen. Auch Lambert[3] geht von derselben aus, als von einer willkürlichen Annahme, deren Richtigkeit oder Unrichtigkeit sich dann aus der Vergleichung der Versuche mit der Theorie ergeben werde.

Erst im J. 1785 unterwarf Coulomb diese Frage einer zweckmäfsig angestellten Untersuchung[4]. Er bediente sich dazu der Methode der Schwingungen einer horizontalen Magnetnadel. Man denke sich zu dem Ende eine kleine magnetisirte Nadel von 5 bis 6 Lin. Länge an einem einfachen Seidenfaden horizontal aufgehängt und halte dieser in der Ebene

---

1 Hansteen Unters. über den Magnetismus der Erde. S. 284.

2 Vom J. 1756 bis 1762. S. J. D. Michaelis Comment. Soc. reg. oblatae. Bremae 1763. 4. Vorrede.

3 Hist. de l'Acad. de Berlin. 1766. p. 72.

4 Hist. de l'Acad. d. Sc. de Paris. Ann. 1789. p. 468.

des Meridians einen verticalen Magnetstab nahe gegenüber, den man auf- und niederwärts bewegen kann, so wird sie deſto schnellere Schwingungen machen, je stärker der Magnetismus derjenigen Querschicht des Stahlstabes ist, welche gerade in ihrer Horizontalebene sich befindet. Allerdings wirken hier auch diejenigen Theile des Stabes, welche zunächst über und unter der fraglichen Schicht liegen, auf die Nadel ein, allein bei der Kleinheit der letztern und bei ihrer groſsen Nähe zur Stahlstange können nur die nächsten Theile einigen Einfluſs auf sie ausüben, indem die entferntern unter einem allzu ungünstigen Winkel wirken müssen. Man kann also unbedenklich die Schwingungen der Nadel auf diejenige Stelle des Stabes beziehn, welche mit dieser in einerlei Horizontalebene liegt. So vortheilhaft in dieser Hinsicht die groſse Annäherung ist, so hat sie dagegen den wesentlichen Nachtheil, daſs der Magnetismus der Nadel selbst durch die Kraft der Stange erhöht, mithin das Resultat in einem unbekannten Maſse verstärkt wird. Man kann jedoch diesem Uebelstande durch eine gröſsere Entfernung der Nadel vom Stabe und besonders auch dadurch begegnen, daſs man ihr vor dem Versuche den höchstmöglichen Grad der Sättigung ertheilt. Eben des Umstandes wegen, daſs man nicht mit einer Schicht allein, sondern auch mit denjenigen zu thun hat, die über und unter ihr liegen, kann man diesen Versuch nicht bis zum Ende der Nadel fortsetzen, weil dort die eine Partie der angrenzenden Schichten fehlen würde, das Resultat würde daher das Mittel aus der letzten Schicht und Null, mithin nur halb so groſs seyn, als es werden sollte. Man muſs daher, wie Coulomb selbst bemerkt, die Zahl, welche die Intensität am Ende der Stange ausdrückt, verdoppeln. Endlich ist es rathsam, zu dieser Untersuchung ziemlich lange Stäbe anzuwenden, um dadurch der Einwirkung des entferntern Poles auf die Nadel möglichst auszuweichen.

Alle diese Vorsichtsregeln wurden von Coulomb um so mehr in Acht genommen, als er durch einen vorläufigen verfehlten Versuch von ihrer Nothwendigkeit überzeugt worden war. — Seine Nadel hatte 6 Lin. Länge und 3 Lin. Dicke, war hart und stark magnetisirt. Der verticale Magnetstab, von welchem sie in einem Abstande von 8 Lin. ihre Schwingungen machte, war 27 Zoll lang bei 2 Lin. Durchmesser; eine

Fuſslänge derselben wog 865 Gran. Leider sind die Originalbeobachtungen dieses gelehrten Physikers nicht bekannt geworden, indem er nur von den erstern, nicht ganz gelungenen Versuchen die Schwingungen der kleinen Nadel in einer gegebenen Zeit, z. B. einer Minute, mitgetheilt hat. Von den spätern giebt er nur die Intensitäten selbst an, so wie er sie aus den Versuchen berechnet hatte. Diese ist, wenn S die beobachtete Zahl der Schwingungen von einem Puncte des Magnetstabes, s diejenigen bezeichnet, welche die Nadel für sich, d. h. bloſs durch den Erdmagnetismus sollicitirt, macht, $= S^2 - s^2$. Bevor wir zu diesen Angaben übergehn, mag hier noch eine von Biot[1] gegebene theoretische Entwickelung dieser Aufgabe Platz finden, deren Uebereinstimmung mit den Versuchen die ihr zum Grunde liegenden Ansichten zu rechtfertigen scheint.

Der Analogie zufolge, welche die neuern Entdeckungen zwischen Elektricität und Magnetismus zu unserer Kenntniſs gebracht haben, kann man den Magnetstab wie eine isolirte elektrische Säule betrachten, in welcher zwei entgegengesetzte Stoffe von den Enden aus wechselseitig sich binden. Ist N die Zahl der Elemente, welche die Säule bilden, und bezeichnet man durch A B die entgegengesetzten Ladungen ihrer äuſsersten Theile A und B, so wird die Kraft A in dem n ten Elemente ein Quantum der entgegengesetzten Art latent machen, dessen Werth durch $A\mu^n$ vorzustellen ist, und ebenso wird die Kraft B in dem nämlichen Elemente ein Quantum gebunden halten, das sich durch $B\mu^{N-n}$ ausdrücken läſst, wobei μ constant ist. Demnach wird im besagten Elemente die wirklich freie Kraft $y = A\mu^n - B\mu^{N-n}$, oder, da A und B von gleicher Stärke anzunehmen sind,

$$y = A(\mu^n - \mu^{N-n}).$$

Im magnetischen Stabe findet sich durch den Einfluſs der Härtung diese gegenseitige Neutralisirung der Elemente einigermaſsen im Beharrungsstande, und man hat nur, weil hier die Zahl N der Elemente unendlich ist, die Formel demgemäſs zu verändern. Heiſst 2 l die ganze Länge des Stabes, x der geradlinige Abstand des Elementes n vom Ende A, so ist klar, daſs, wenn in einer gegebenen Länge (1) die Zahl der

1 Traité de Physique experim. et mathem. T. III. p. 76.

Digitized by Google

metallischen Elemente (n) ist, verhältniſsmäſsig für die Länge $2l$ ihre Zahl $= 2l\,\frac{(n)}{(l)}$ seyn muſs und für die Länge $x = \frac{x\,(n)}{(l)}$. Substituirt man diese Ausdrücke für die Gröſsen N und n, so erhält die Intensitätsgleichung folgende Form:

$$y = A\left[\mu^{\frac{(n)}{(l)}\cdot x} - \mu^{\frac{(n)}{(l)}\cdot(2l-x)}\right].$$

Setzt man der Einfachheit wegen statt $\mu^{\frac{(n)}{(l)}}$ schlechtweg den Buchstaben μ, um eine andere Constante zu bezeichnen, in welcher der Exponent $\frac{n}{l}$ für alle Stahlstangen von einerlei Natur der nämliche bleibt, welches auch ihre Gestalt und ihr Durchmesser seyn mag, so hat man endlich

$$y = A\,(\mu^{x} - \mu^{2l-x})$$

und dieser Ausdruck ist die Gleichung einer Curve, welche die magnetischen Intensitäten in jedem Puncte unsers Stabes darstellt.

Coulomb hat die von ihm beobachteten Intensitäten als die Ordinaten einer Curve aufgetragen, deren Abscissen auf der halben Länge des Stabes sich befinden. Sie sind fol-
Fig. 129. gende:

Abstand v. Ende des Stabes	Intensitäten
0 Zolle	165
1 -	90
2 -	48
3 -	23
4,5 -	9
6 -	6

Um hieraus A und μ zu bestimmen, hebe man die zweite und fünfte Ordinate aus, in welchen

$$x = 1 \qquad y = 90$$
$$x = 4{,}5 \qquad y = 9.$$

Dieses giebt $90 = A\,(\mu - \mu^{(27-1}\,)$

und $9 = A\,(\mu^{4,5} - \mu^{(27-4,5)})$

$$\text{daraus } \frac{90}{9} = \frac{\mu - \mu^{26}}{\mu^{4,5} - \mu^{22,5}}$$

$$\text{mithin } \mu = 10\,\mu^{4,5} + \mu^{26} - 10\,\mu^{22,5};$$

die Gröſse μ ist also ein Bruch, dessen 26ste und 22,5te Potenz füglich vernachlässigt werden können, und so wird $\mu = 10\mu^{4,5}$ oder $10 = \frac{\mu}{\mu^{4,5}}$; mithin $\mu^{3,5} = \frac{1}{10}$. Es ist aber

$\sqrt[3,5]{\frac{1}{10}} = 0{,}51795 = \mu$. Da nun A $\mu = 90$, so ist

$A = \frac{90}{\mu} = 173{,}76$; berechnet man mit diesen Daten die Ordinaten für die übrigen Abscissen, so erhält man folgende Tafel:

Abstand vom nördlichen Ende des Stabes.	Stärke des freien Magnetismus.		
	Beob.	Berechnet	Unterschied
0	165	173,76	— 8,76
1	90	90,00	0,00
2	48	46,62	+ 1,38
3	23	24,14	— 1,14
4½	9	9,00	0,00
6	6	3,35	+ 2,65

Die erste Beobachtung 165 ist an sich zweifelhaft, weil Coulomb das Doppelte der beobachteten Oscillationen nahm, und er bemerkt selbst, daſs dieses Verfahren zu kleine Werthe gabe. Bei den mittleren wechseln die Zeichen der Fehler. Die letzte der berechneten Ordinaten scheint am stärksten abzuweichen. Allein auf 6 Zoll vom Ende war der Magnetismus des Stabes bereits so schwach, daſs er leicht von der Nadel selbst eine etwelche Zugabe erhalten konnte, auch ist in diesen Entfernungen vom Pole die Vertheilung des Magnetismus unregelmäſsiger und schwankender als gegen die Enden. Bei langen und schwach magnetisirten Nadeln können sogar leicht Indifferenzpuncte und Umkehrungen des Magnetismus eintreten.

Uebereinstimmend mit der Erfahrung zeigt also die hier entwickelte Vorstellungsart, daſs die magnetische Kraft an den

Digitized by Google

Enden des Stabes im Maximum vorhanden seyn müsse. Es ist nämlich am ersten Ende, wo $x = 0$, der Werth von $y = A\,(1 - \mu^{2l})$ und am andern Ende, wo $x = 2l$, wird $y = - A\,(1 - \mu^{2l})$; also gleich groſs, mit entgegengesetzter Bedeutung. Von den Enden zur Mitte hin ist der freie Magnetismus stets abnehmend und es wird daselbst, wo $x = l, y = A\,(\mu^{l} - \mu^{l}) = 0$. Die Constante μ drückt also das Verhältniſs aus, nach welchem von einem Theile zum andern ein gewisses Quantum des Magnetismus latent gemacht wird. Sie hängt daher bei voller Magnetisirung des Stabes keineswegs von seiner Länge ab und die Intensitätscurve bleibt dieselbe, so lange der Werth von $\mu^{(2l-x)}$ gegen die Einheit unbedeutend bleibt. Die Versuche, welche Coulomb mit Stäben von verschiedener Länge und einerlei Durchmesser anstellte, bestätigten dieses vollständig. Er fand, daſs *die freie magnetische Kraft in Stäben von 2 Lin. Dicke nur auf 3 bis 4 Zoll vom Ende zusammengedrängt war* und von da an bis zur Mitte wenigstens für den Versuch unbemerkbar blieb, wenn sie auch in der Wirklichkeit erst in der Mitte völlig verschwindend seyn muſste. Stäbe von 12, 10, 8 und 6 Zoll Länge gaben ihm die nämlichen Resultate, wie derjenige von 27 Z. Er zieht daraus den praktischen Schluſs, daſs die dirigirende Kraft einer Magnetnadel oder ihr Vermögen zum Meridiane zurückzukehren, ihr magnetisches Moment *im einfachen Verhältnisse der Länge des Hebelarms* (von der Mitte der Nadel bis zum Schwerpuncte der magnetischen Kraft gerechnet) stehe. Die Lage dieses Punctes, welcher der Schwerpunct des von der Intensitätscurve umschlossenen Flächenraumes ist, bestimmte er auf 1,5 Zoll vom Ende des Stabes, der 2 Lin. Durchmesser hatte. Versuche, die er über die dirigirende Kraft zweier Nadeln von ungleichem Durchmesser mit Hülfe seiner Drehwaage anstellte, belehrten ihn, daſs eine Nadel von 12 Zoll Länge und 2 Lin. Dicke, deren Gewicht 865 Gran betrug, ihren magnetischen Schwerpunct auf 1,51 Zoll vom Ende hatte, während er bei einer andern Nadel von eben dieser Länge und 38 Gran Gewicht auf 0,36 Zoll vom Ende sich befand. Die Durchmesser dieser Nadeln verhalten sich wie die Quadratwurzeln ihrer Massen oder Gewichte, sie sind also, wie $\sqrt{865} : \sqrt{38}$ oder wie 4,8 : 1, der Abstand ihrer Schwerpuncte vom Ende hingegen ist wie 1,51 : 0,36 oder wie 4,2 : 1. Mit-

Digitized by Google

hin verhalten sich diese Abstände sehr nahe wie die Dicken der Nadeln und *der magnetische Schwerpunct ist bei einer cylindrischen Nadel etwa um das Neunfache ihres Durchmessers vom Ende entfernt.*

Da ferner bei der Nadel von 2 L. Durchmesser die magnetische Wirksamkeit sich nur auf etwa 4 Zoll vom Ende erstreckte, das magnetische Moment aber auf 1,5 (nach einer spätern genauern Bestimmung auf 1,3 Zoll) vom Ende lag, d. h. etwa auf $\frac{1}{3}$ von der Stelle, wo die Intensitätscurve mit ihrer Axe zusammenfällt, so wagt es Coulomb, ihre Fläche einem Dreiecke zu vergleichen, dessen Scheitel etwa 25 Durchmesser der Nadel von ihrem Ende absteht. Da nun die Fläche eines Dreiecks im geraden Verhältnisse seiner Höhe zunimmt, so folgt ebenfalls, daſs für Nadeln, deren Länge über das 50fache ihres Durchmessers geht, das magnetische Moment mit der Länge derselben im geraden Verhältnisse zunehme. Bei zwei Nadeln von gleicher Natur und Gestalt verhalten sich demnach ihre dirigirenden Kräfte wie die Kuben ihrer homologen Dimensionen. Dieses alles gilt jedoch nur von Nadeln und Stäben, deren Länge mehr als 50 Durchmesser hält, *bei kürzeren Nadeln verhält sich die dirigirende Kraft wie die Quadrate der Längen.*

Welchen Einfluſs die Durchmesser der Magnetstäbe auf das Gesetz der Vertheilung des Magnetismus im Innern derselben ausüben, darüber hat Coulomb keine Versuche angestellt, sondern sich begnügt zu untersuchen, in wie weit die dirigirende Kraft oder das magnetische Moment von der Dicke der Stäbe abhänge. Aus diesem läſst sich freilich, wenn alles auf einerlei Hebellänge reducirt wird, auch ein Schluſs auf die gröſsere oder geringere magnetische Kraft, die ein Stab, je nach Verhältniſs seines Durchmessers, annimmt, machen, keineswegs aber absehn, wie die Vertheilung des Magnetismus in Stäben von verschiedener Dicke sich verhalte[1]. Auf jeden Fall wird man annehmen können, daſs, was auch längst durch Barlow's Versuche bestätigt ist, das magneti-

1 Musschenbroeck fand aus Versuchen mit Stäben von ungleichen Breiten und Längen, daſs diejenigen den stärksten Magnetismus annahmen, in welchen die Breite etwa $\frac{1}{74}$ der Länge ausmachte. Diss. de Magnete. p. 108.

sche Fluidum als ein repulsives Wesen nach der Oberfläche des Stabes getrieben werde und dort je nach dem Grade seiner Intensität eine Schicht von einer gewissen Dicke bilde. Dieser Ansicht zufolge würde es in cylindrischen Stäben, deren Länge über das 50fache ihres Durchmessers geht, nur im einfachen Verhältnisse der Oberflächen, d. h. der Peripherieen oder Radien der Stäbe zunehmen und keineswegs auch in ihrem Innern sich anhäufen. Diese Ansicht wird auch durch Coulomb's eigne Versuche unterstützt, zufolge welcher in einem Bündel von Stäben die inwendig liegenden an Magnetismus merklich verlieren, so daſs die Erregung, welche sie von den äuſsern erleiden, nicht nur hinreicht, sie zu neutralisiren, sondern sogar ihre Pole umzuwenden [1]. Bei der Schwierigkeit, Stäbe von ungleichem Durchmesser ohne Veränderung der Stahlart und Härtung zu erhalten, nahm Coulomb seine Zuflucht zu einem andern Mittel. Er nahm reinen Eisendraht in derjenigen Härtung, wie er aus dem Drahtzuge kommt, gab ihm, während er durch angehängte Gewichte gespannt war, eine gleichförmige Zahl von Drehungen um seine Axe, um ihn dadurch härter zu machen. Aus diesem Drahte von 120 Fuſs Länge schnitt er Stücke von verschiedener Länge, die er mit Seidenfäden in Bündel zusammenband und bis zur Sättigung magnetisirte. Diese legte er in den Bügel seiner Drehwaage und fand, daſs ihre magnetischen Drehungsmomente sich wie die Kuben ihrer homologen Dimensionen verhielten. Zieht man hiervon ab, was der Hebelwirkung angehört, so ergiebt sich, daſs das Quantum des magnetischen Fluidums selbst in ihnen nur im quadratischen Verhältnisse jener Dimensionen stand. Ein Bündel von 36 Drähten, jeder 12 Zoll lang und 48 Gran schwer, bis zur Sättigung magnetisirt, erheischte nämlich eine Drehung des Suspensionsfadens von 342 Graden, um in einem Abstande von 30 Graden vom Meridiane abgehalten zu werden; bei einem Bündel von 9 Drähten derselben Art, jeder von 6 Zoll Länge, bedurfte es nur 42° Drehung. Das Verhältniſs dieser Spannungen 342 : 42 ist wie 8,14 : 1, gleich den Kuben ihrer Dimensionen. Aehnliche Resultate erhielt man mit Bündeln, deren Dimensionen im dreifachen und vierfachen Verhältnisse zu einander standen.

1 Biot tr. de Phys. exp. et math. T. III. p. 101.

Digitized by Google

Jene vorhin erwähnte Rückwirkung der äuſsern Kräfte auf die innern zeigte sich aber erst, als Coulomb zur Bestätigung des gefundenen Gesetzes sich magnetische Bündel verschaffte, bei denen die einzelnen Theile vor dem Zusammenbinden magnetisirt waren. Er hatte nämlich aus einer groſsen Stahlplatte Stäbe von 6 Zoll Länge und 9,5 Lin. Breite geschnitten, die 382 Gran wogen. Sie wurden, um eine gleichförmige Härtung zu erhalten, alle ganz angelassen, dann bis zur Sättigung magnetisirt und, glatt auf einander liegend, in Bündel von 4, 8 und 16 Stücken mit Seide zusammengebunden. Den Erfolg zeigt folgende Tafel.

Zahl d. zus. gebund. Lamen	Beobachtete Drehungen	Verminderung d. Intensität.
1	82°	0,00
2	125	0,24
4	150	0,54
6	172	0,65
8	182	0,72
12	205	0,79
16	229	0,82

Hier sind die Verminderungen des Magnetismus sehr auffallend. Bei 16 Stäben sollte die Intensität $= 16 \times 82 = 1312°$ werden, wenn man die Kraft der einzelnen = 82° setzt, sie ist aber nur 229°, also bloſs etwa der sechste Theil derselben, indem $\frac{4}{5}$ oder 82 Procent verloren gehn. Die Einwirkung der Stäbe auf einander wird aber noch sichtbarer aus Coulomb's eignen Wahrnehmungen, der die Bündel zerlegte und sogleich die Kraft eines jeden prüfte. Es gab bei 4 Stäben

die 1ste Lame	= 70°	Drehung
2 - -	- 44	-
3 - -	- 44	-
4 - -	- 60	-

In den mittlern Stäben war also wenigstens $\frac{1}{4}$ ihres Magnetismus zerstört worden; dennoch hätte ihre Gesammtwirkung 218° betragen sollen, da sie jedoch nach dem obigen nur 150° ausmachte. Hieraus geht hervor, daſs diese Einwirkung einigermaſsen vorübergehend war und daſs die Stäbe nach der Auflösung des Bündels wieder einen Theil ihres Magnetismus erlangt hatten. Bei einem Bündel von 8 Lamen war die Kraft der einzelnen Stücke folgende.

Digitized by Google

1te Lame	48	Drehung	
2-	-	36	-
3-	-	35	-
4-	-	33	-
5-	-	34	-
6-	-	38	-
7-	-	35	-
8-	-	51	-

Alle Stäbe, selbst die äuſsern, hatten somit von ihrem ursprünglichen Magnetismus einen bedeutenden Theil eingebüſst; doch scheinen sie gleich nach dem Zerlegen des Bündels wieder einen Theil desselben gewonnen zu haben, indem ihre Gesammtwirkung 310° ausmacht, statt daſs sie oben nur 182° betragen hatte. Bei einem Bündel von 16 Stäben hatten die beiden äuſsern 46 und 48 Grade (statt 80), die innern abnehmend bis auf 26°, die Summe ihrer einzelnen Kräfte war jedoch 516, also mehr als das Doppelte von der Kraft, die sie im vereinten Zustande äuſserten.

In neuerer Zeit hat ein durch Scharfsinn und Genauigkeit ausgezeichneter Physiker des Nordens, Kupffer in Petersburg[1], die Methode Coulomb's wieder für den nämlichen Zweck in Anwendung gebracht. Um zu verhüten, daſs die kleine Nadel nicht entweder von dem zu untersuchenden Stabe magnetisch gemacht, oder gar näher zu ihm hingezogen würde, hing er sie in einer gröſsern Entfernung von demselben auf, als Coulomb gethan hatte. Allerdings muſsten auf diese Weise mehrere Stellen des verticalen Stabes über und unter dem Puncte, der in der Verlängerungslinie der Nadel lag, auf diese einwirken, so daſs man nicht die Kraft einer einzigen Schicht erhielt; allein auf jeden Fall konnten diese Beobachtungen dahin benutzt werden, um an denselben irgend ein theoretisches Gesetz der magnetischen Vertheilung zu prüfen. Die kleine Nadel hatte nur 12 Millimeter (5 Lin.) Länge, sie war glatt und dünn und stand um 3 Decimeter (11 Z. 1 L.) von der Stahlstange ab. Die letztere war cylindrisch, von Guſsstahl, ungehärtet, von 607 Millim. (22,4 Z.) Länge und $12\frac{1}{2}$ Millim. ($5\frac{1}{2}$ Lin.) Dicke. Die Schwingungszeiten der Nadel wurden nach einem Arnold'schen Chronometer gezählt, das 150 Schlä-

1 Ann. d. Chim. XXXVI. 50.

ge in der Minute machte. Durch den bloſsen Erdmagnetismus angeregt vollendete die Nadel 100 Schwingungen in 2 Min. 32 Sec.

Kupfer stellte erst den Stahlstab unmagnetisirt der kleinen Nadel in verticaler Lage gegenüber, um die Vertheilung des Erdmagnetismus in demselben zu untersuchen. Die untersuchten Stellen standen 40 Millim. (also nahe 3 Durchmesser des Stabes) von einander ab. Unten war, wie bekannt, Nordpol, oben Südpol. Der Indifferenz-Punct des Stabes oder die Stelle, wo er keine Wirkung auf die Nadel zeigte, stand um 283,5 Millim. vom nördlichen Ende ab, er war also um 20 Millim. oder ein halbes Intervall dem Nordpole näher als die Mitte des Stabes. Die Resultate zeigt folgende Tafel, in welcher die nördlichen Kräfte mit +, die südlichen mit — bezeichnet sind.

Intervalle.	Magn. Kraft.	Intervalle.	Magn. Kraft.	Intervalle.	Magn. Kraft.
6	— 0,0093	2	— 0,0046	1	+ 0,0045
5	0,0093	1	0,0023	2	0,0045
4	0,0093	½	0,0023	3	0,0068
3	0,0069	0	0,0000	4	0, 90
				5	0, 90

Als der Stab umgewendet wurde, verlor er vollständig den Magnetismus seiner erstern Lage, doch nahmen nur seine äuſsersten Enden die entgegengesetzte Polarität an, und es dauerte einige Zeit, ehe sie sich dem ganzen Stabe mittheilte.

Um dem Stabe einen etwelchen eigenthümlichen Magnetismus zu geben, strich Kupfer mit dem Nordpole eines starken stählernen Magnetes über denselben hin. Mit dem nördlichen Ende nach oben gekehrt in verticaler Stellung zeigte er aus den Schwingungen der Nadel folgende Kräfte in den verschiedenen Abständen vom Indifferenzpuncte.

Abst.	Kräfte.	Abst.	Kräfte.	Abst.	Kräfte.
+ 7	+ 0,1475	+ 3	+ 0,0979	— 1	— 0,0363
6	0,1463	2	0,0717	2	0,0745
5	0,1362	1	0,0383	3	0,1047
4	0,1186	0	0,0000	4	0,1342
				5	0,1517

Digitized by Google

Der Südpol des Stabes war, wie man sieht, kräftiger, als sein Nordpol, und der Indifferenzpunct lag dem stärkern Pole um 48 Millim. oder etwa 4 Drahtdicken näher, als die Mitte des Stabes. Nun wurde dieser umgewendet, so daſs sein Nordpol nach unten gekehrt war. Er befand sich also in einer für die Wirkung des Erdmagnetismus günstigen Lage, welche sich auch sogleich durch eine erhöhte magnetische Kraft kund gab.

Abst.	Kräfte	Abst.	Kräfte.	Abst.	Kräfte.
− 5	−0,1662	− 1	−0,0415	+ 3	+0,1025
4	0,1481	0	0,0000	4	0,1283
3	0,1175	+ 1	+0,0363	5	0,1450
2	0,0803	2	0,0717	6	0,1558
				7	0,1593

Der Indifferenzpunct hatte sich um 5 Millim. der Mitte des Stabes genähert. Dieses war auch jederzeit der Fall, wenn die magnetische Kraft zugenommen hatte. Der Stab wurde nun wiederholt mit dem Nordpole des Magnets bestrichen, um ihm das Maximum der Kraft zu ertheilen, die diese Art Magnetisirung gewähren konnte. So wurde er aufs neue in den beiden vorigen Lagen durchprobirt.

A. Der Nordpol oben.

Abst.	Kräfte	Abst.	Kräfte	Abst.	Kräfte.
+ 4	+0,3109	+ 1	+0,0900	− 2	−0,1852
3	0,2508	0	0,0000	3	0,2663
2	0,1767	− 1	−0,0953	4	0,3313
				5	0,5759

B. Der Nordpol unten.

Abst.	Kräfte	Abst.	Kräfte	Abst.	Kräfte.
− 5	−0,3876	− 2	−0,1852	+ 1	+0,0932
4	0,3421	1	0,0953	2	0,1798
3	0,2710	0	0,0000	3	0,2563

In beiden Versuchen lag der Indifferenzpunct um 24 Millim. von der Mitte entfernt nach dem südlichen Ende des Stabes hin. Dennoch war dieses am folgenden Tage nicht mehr der Fall, der Nordpol hatte an Kraft gewonnen und der Neutralpunct war ihm um 2 Millim. näher gerückt. Der

Magnetismus der Erde machte also auch hierin, so wie in der Verstärkung der Kraft, wenn der Nordpol unten war, seine Wirkung geltend. Nur brauchte er beim Stahl jedesmal eine beträchtliche Zeit, um sich in der neuen Lage festzusetzen, und zwar um so mehr, je stärker der eigenthümliche Magnetismus des Stabes selbst war.

Aus diesen Versuchen ergiebt sich im Allgemeinen folgendes:

1) Der Indifferenzpunct liegt immer dem stärkern Pole näher als dem andern.

2) In einer vertical gehaltenen magnetischen Stahlstange ist der Magnetismus stärker, wenn (in unserer Erdhälfte) der Nordpol nach unten gekehrt ist.

3) Wenn eine Stahlstange in ihrer ganzen Länge nur mit dem einen Pole eines Magnets bestrichen wird, so ist die dadurch erzeugte Polarität die vorherrschende und der Indifferenzpunct liegt ihr ebendeswegen um so näher; er rückt aber immer der Mitte zu, wenn die magnetische Kraft in der ganzen Stange gleichmäſsig zunimmt.

Der bisher gebrauchte Stahlstab wurde darauf durch den *Doppelstrich* (s. unten *Magnetisirung*) magnetisirt und gab folgende Resultate, wobei die Nadel 315 Millim. (11,6 Z.) vom Stabe entfernt war.

A. Der Nordpol des Stabes oben.

Abst.	Kraft	Abst.	Kraft	Abst.	Kraft.
0	0,0000	— 4	—0,7763	+ 2	+0,4144
— 1	—0,2201	5	0,8891	3	0,6239
2	0,4313	— 6	—0,9515	4	0,7787
3	0,6239	+ 1	+0,2253	5	0,8876
				6	0,9451

Der Indifferenzpunct stand 300 Millim. vom Nordende, also nur 3,5 Millim. von der Mitte des Stabes ab. Bei den in der letzten Columne verzeichneten Abständen vom Indifferenzpuncte + 2, 3, 4, 5, 6 hatte die Nadel in Folge der starken Anziehung sich umgedreht. Sie gebrauchte 2′ 33″ Zeit zu 100 Schwingungen, wenn sie sich selbst überlassen war, bei — 6 Abstand vom Indifferenzpuncte 1′ 25″,2 und bei + 6 Abstand, da sie sich umgewendet hatte, 2′ 18″, 8.

Digitized by Google

und 3,1037 entſpricht. Die Kraft des Stabes war alſo gröſser, wenn ſein Nordpol nach Norden gerichtet war, als in der entgegengeſetzten Stellung. Sein Indifferenzpunct ſtand nur um 1 Millim. nach dem Südende von der Mitte ab. Mehrere Verſuche zeigten, daſs er immer der Mitte näher rückte, wenn der Stab ſich in ſeiner natürlichen Lage gegen die Weltgegenden (d. h. ſein Nordende nach Norden gerichtet) befand, als in umgekehrter Richtung.

Die Aufmerkſamkeit des nordiſchen Phyſikers wandte ſich auch einer andern Aufgabe zu, die ſchon oben beim Art. *Ausbreitung des Magnetiſmus* zur Sprache kam, nämlich die Stelle zu beſtimmen, wo der *Mittelpunct der magnetiſchen Kräfte* an einem Stabe ſich befindet. Lambert wurde durch die Entwickelung ſeiner Verſuche dahin geleitet, denſelben auſserhalb ſeines Stabes anzunehmen, und Kupffer findet bei ſtark magnetiſirten Stäben daſſelbe. Ein Verſuch hatte ihn überzeugt, daſs die Wirkungen des Stabes bei 10 und 14 Centimeter Entfernung vom Centrum der Nadel faſt genau im umgekehrten Verhältniſſe der Quadrate dieſer Entfernungen ſtanden. Setzt man die letztern $= d$ und d', die in denſelben durch die Schwingungen der Nadel gefundenen Kräfte $= f$ und f' und den Abſtand des magnetiſchen Schwerpunctes vom Ende der Nadel $= \alpha$, ſo iſt für einen Verſuch in der Entfernung d die Kraft $f = \frac{c}{(d+\alpha)^2}$ und in der Entfernung d' wird $f' = \frac{c}{(d'+\alpha)^2}$, wobei c eine für einen gegebenen Stab geltende conſtante Gröſse bedeutet. Sie iſt alſo auch

$$= f.(d+\alpha)^2 = f'.(d'+\alpha)^2$$

und es iſt

$$\sqrt{f}.(d+\alpha) = \sqrt{f'}.(d'+\alpha), \text{ daher } \alpha = \frac{d'\sqrt{f'} - d\sqrt{f}}{\sqrt{f} - \sqrt{f'}}.$$

Bei ſtark wirkenden Magneten, wo der Unterſchied der Kräfte für zwei gegebene Diſtanzen bedeutender wird, kann das zweite Glied des Zählers gröſser ausfallen und dann wird α negativ, d. h. der Concentrationspunct der magnetiſchen Kräfte fällt *auſserhalb* des Stabes. Bei ſchwach magnetiſirten Nadeln hingegen wird α poſitiv und ziemlich groſs. Beides beſtätigt ſich durch folgende Verſuche.

Ein cylindriſcher Stab von Guſsſtahl, ganz dem obigen

ähnlich, wurde an seinem Ende mit dem Nordpole eines starken Magnets in Berührung gebracht, um ihm einen sehr schwachen Magnetismus mitzutheilen. Der Indifferenzpunct desselben stand nur um 8,8 Centim. vom Südpole ab. Er wurde nun dergestalt in die Richtungslinie der Nadel gelegt, daſs sein Südpol dem Südpole der Nadel gegenüber stand. Bei 14 Centim. Abstand seines Südendes vom Centrum der Nadel brauchte diese 5′0″,0 Zeit, um 100 Schwingungen zu vollenden, bei 10 Centim. nur 3′ 46″,4, wobei sie sich umdrehte. Die diesen Schwingungszeiten entsprechenden Kräfte 0,2874 und 0,5936 geben $a = - 0{,}85$ Centim.

Der Stab wurde dann auf die Nordseite der Nadel gebracht, ohne seine Lage gegen die Weltgegenden zu ändern, so daſs sein Nordpol dem Nordpole der Nadel gegenüber stand. Diese machte nun ihre 100 Schwingungen in 2′ 44″,4 bei dem Abstande von 14 Centim. und in 2′ 46″,8 bei 10 Centim. Dieses giebt $f = 0{,}0286$ und $f' = 0{,}0391$, daraus $a = + 13{,}83$. Als der Stab umgekehrt wurde, so daſs sein Nordpol nach Norden lag, zeigte sich die Kraft seines Südpols in den genannten Abständen $= 0{,}2959$ und $0{,}6015$, die seines Nordpols $= 0{,}0320$ und $0{,}0555$; für den erstern wird $a = - 0{,}59$, für den letztern $= + 2{,}62$. Bei einem andern Versuche, wo der Indifferenzpunct um 9,0 Centim. vom Südpole abstand, fand sich $a = - 0{,}60$ für den Südpol und $= + 11{,}42$ für den Nordpol des Stabes.

Je weiter also der Indifferenzpunct von der Mitte des Stabes absteht, desto gröſser ist auch der Werth von a, er ist *negativ am stärkern Pole*, dem der Indifferenzpunct näher liegt, und *positiv* am andern Ende[1].

Kupfer benutzt diese Erfahrungen, um einige Anomalieen zu erklären, die Barlow am *glühenden Eisen* bemerkt hatte. Bei höchst schwachen Magnetismen rücken dem Gesagten zufolge die Indifferenzpuncte sehr nahe nach den Enden des Stabes hin. Da nun die magnetische Kraft, welche ein Stab

1 Schon Michell wuſste, daſs der Punct des Maximums in stärkern Magneten dem Ende näher lag, als in schwächern, daher er bei Compaſsnadeln besonders auf starke Magnetisirung dringt, weil mit der gröſsern Entfernung der Pole vom Mittelpuncte auch die Richtungskraft der Nadel zunehme.

Digitized by Google

von der Erde erhält, beim Hellrothglühen Null, beim Dunkelrothglühen aber im Maximum ist, so bildet sich bei diesem Uebergange ein Indifferenzpunct an *jedem Ende* der Nadel. So wie also die Prüfungsboussole die Endpuncte überschritten hat, trifft sie auf Stellen, die schon jenseit des Indifferenzpuncts liegen, und deren Magnetismus mithin der Gegensatz desjenigen am Ende des Stabes ist, und dieses Verhalten nimmt zu, je mehr man sich der Mitte nähert. Allein bei fortgehender Erkältung verstärkt sich der Magnetismus des Stabes, der Indifferenzpunct nähert sich der Mitte, jene entgegengesetzten Polaritäten verschwinden und alles kehrt ins Geleise der gewöhnlichen Erscheinungen zurück.

Ueber den Einfluſs, den die *Gestaltung* der Enden eines Stahlstabes auf seine magnetische Kraft habe, hat Kupffer einige Versuche angestellt, die mit den frühern Coulomb's in einigem Widerspruche zu stehn scheinen. Bei seiner Untersuchung über die vortheilhafteste Form der Compaſsnadeln hatte der französische Physiker gefunden, daſs ein rautenförmiges Stahlblech ein gröſseres magnetisches Moment habe, als ein Rectangel von gleichem Gewicht, Länge und Dicke. Kupffer spitzte das Ende eines weichen Stahlcylinders von 43 Centim. (15,9 Zoll) Länge und $12\frac{1}{2}$ Millim. ($5\frac{1}{2}$ Lin.) Durchmesser, das vorher abgerundet worden war, allmälig zu, magnetisirte ihn jedesmal bis zur Sättigung und prüfte nach obiger Weise seine magnetische Kraft. Sowie die Spitze des Poles mehr heraustrat, verminderte sich seine Kraft, der Indifferenzpunct entfernte sich immer mehr von diesem Ende und der Werth von a, der anfangs negativ war, nahm ab, wurde Null und ging auf die entgegengesetzte Seite über, so daſs, als der Konus am Ende dieses Stahls die Höhe von 16 Millim. (bei $12\frac{1}{2}$ Millim. Durchmesser der Basis) erreichte, $a = + 0{,}71$ Centim. wurde.

In den Philosophical Transactions vom J. 1828 finden sich einige Versuche von Christie über die Vertheilung des Magnetismus in Stahlstäben, die er jedoch vorzüglich in der Absicht angestellt hatte, um diese Vertheilung in *unregelmäſsig magnetisirten* Stäben kennen zu lernen. Zwei Stäbe I und II, die 8,92 engl. Zoll lang, 0,16 Z. breit und 0,09 Z. dick waren, gaben für die Lage des Indifferenzpunctes und der Stellen des Maximums folgende Data.

Digitized by Google

	Stelle des Süd-pols.	Stelle d. Nord-pols.	Indifferenzpunct.
Stab I	0,72 Z. v. Ende	0,49 Z.	3,32 Z. v. d. Mitte nach dem Nordpol hin
- II	0,62 Z. —	0,60 Z.	2,22 Z. nach d. Südpole.

Die Stäbe waren weich, durch den Doppelstrich, doch nicht zur Sättigung, magnetisirt. Bei Stab I scheint der Nordpol, bei II der Südpol stärker gewesen zu seyn; in beiden lag der Indifferenzpunct nach dem stärkern Pole hin.

Bei einem andern Versuche wurden 3 Stäbe angewendet, die mit A, B und C bezeichnet waren. Sie hatten 6,01 Zoll Länge und 0,52 Z. Breite. Zur Untersuchung diente eine kleine Nadel P von 1,03 Zoll Länge und 0,19 Z. Breite, die 7,75 Gran wog. Sie war mit einem 6 Zoll langen Streifen Marienglas (*Mica*) versehen und spielte auf der Spitze eines Compasses. Jeder Stab wurde in der Richtung von Ost und West vor der Nadel P in 1½ Zoll Abstand von ihrem Centrum vorbeigezogen und die Stellen desselben bemerkt, wo sie keine Ablenkung vom Meridiane erlitt. Dieses konnte nur in den Fällen statt finden, wenn der Indifferenzpunct oder die beiden Pole durch den Meridian der Nadel gingen. Man erhielt folgende Werthe:

Stab.	Südpol vom Ende	Indiff. von d. Mitte	Nordpol v. Ende	Zeit von 10 Schwingungen.
A	0,57 Z.	0,00	0,58 Z.	34″,10
B	0,61	0,04 N	0,58	32,75
C	0,65	0,07 S	0,53	32,70

Die Stäbe waren sämmtlich durch den Doppelstrich sorgfältig magnetisirt worden, was auch aus der gleichen Vertheilung der Polaritäten in denselben ersichtlich ist. Mit dem Stabe A wurde später noch ein besonderer Versuch angestellt, um die specielle Vertheilung des Magnetismus zu erforschen. Dieses geschah nach Coulomb's Methode. Eine kleine Nadel von 0,72 Zoll Länge, 0,15 Z. Breite und 1,25 Gran Gewicht wurde an einem einfachen Seidenfaden aufgehängt; sie war möglichst gehärtet und stark magnetisirt, damit der Stab ihr keine gröſsere Kraft mittheilen sollte. Ihr Centrum war während des Versuchs in dem gleichförmigen Abstande von 1,63 Zoll von der Axe des Stabes. Um der Schnelligkeit ihrer

Digitized by Google

Schwingungen entgegenzuwirken, hatte man eine dünne Schicht von Mica daran befestigt und sie befand sich im Norden des genau vertical gestellten Stabes, dessen Südpol niederwärts gekehrt war. Die Schwingungszeiten wurden aus zwei Beobachtungsreihen bestimmt, die nur ein Paar Zehntelsecunden von einander abwichen. Sich selbst überlassen bedurfte die Nadel 121″,4, um 100 Schwingungen zu machen. Jede Zählung wurde bei einer Schwingungsweite von 45° angefangen und bis 0° fortgesetzt. Die Resultate finden sich in folgender Tabelle, in welcher die südliche Polarität mit +, die nördliche mit — bezeichnet ist.

Abst. v. d. Mitte des Stabes.	Zeit v. 100 Schwingungen.	Intensität im Stabe A	Abst. v. d. Mitte des Stabes	Zeit v. 100 Schwingungen.	Intensität im Stabe A
+ 2,99 Z.	43″,3	+ 6,88	— 0,05	120″,1	+ 0,02
2,80	40,8	7,85	0,08	129,2	— 0,12
2,60	39,8	8,30	1,80	47,3	7,59
2,40	39,3	8,57	2,00	46,2	7,90
2,20	39,3	8,57	2,20	45,9	8,00
2,00	39,5	8,47	2,43	45,6	8,09
1,80	40,1	8,17	2,60	45,8	8,03
0,00	108,6	0,25	2,80	48,1	7,37
— 0,03	115,6	+ 0,10	— 2,99	50,2	— 6,85

Hier kommt der Südpol auf 0,7 Z., der Nordpol auf 0,6 vom Ende zu stehn; der Indifferenzpunct liegt 1,05 Z. von der Mitte nach dem Nordende hin. Offenbar wurde hier ein Theil der südlichen Polarität des Stabes durch die Wirkung des Erdmagnetismus gebunden, dennoch war sie am Pole selbst noch stärker, als die nördliche Kraft des Magnetstabes. Schade, daſs Christie den Magnetismus des Stabes nicht auch in umgekehrter Lage untersucht hat, auch fehlen die Angaben zu beiden Seiten in der Mitte des Stabes von 0,00 bis 1,8 Zoll.

Seine übrigen Untersuchungen beschäftigen sich hauptsächlich mit den Störungen, welche die Vertheilung des Magnetismus in einem Stahlstabe erleidet, wenn derselbe, nach der Magnetisirung durch den Doppelstrich, von der Mitte nur mit dem gleichnamigen Ende eines andern Magnetes bestrichen wird. Die Zeichnung versinnlicht die Aenderungen, welche durch dieses Verfahren in der Lage der beiden Pole und des Indifferenzpunctes an den Stäben I und II bewirkt werden.

Fig. 131.

N und S sind die Pole, C die Mitte des Stabes, O der Indifferenzpunct, a giebt die Stellen jener Puncte an, wenn beide Stäbe durch den Doppelstrich magnetisirt worden sind, b zeigt die nämlichen Puncte, wenn der gleichnamige Pol eines zwölfzolligen Magnets einmal schnell von der Mitte C nach den Enden, die in der Figur zur Rechten liegen, geführt worden war, und c, wenn diese Operation zweimal ausgeführt wurde.

Dadurch also, daſs der Pol eines andern Magnetstabes über die gleichnamigen Hälften der Stäbe I und II von 8,92 Zoll Länge einmal schnell hinüber geführt wurde, erlitt die bestrichene Hälfte eine merkliche Schwächung ihrer Polarität, und der Indifferenzpunct rückte dem andern stärkern Pole näher, ja sogar bei einem zweimaligen Bestreichen wurde der bestrichene Pol noch weiter, selbst bis jenseit der Mitte zurückgetrieben, so daſs sich am bestrichenen Ende diejenige Polarität aufstellte, die der Streichmagnet nach der gewöhnlichen Ordnung erzeugen muſste, und zwei Indifferenzpuncte gebildet wurden.

Christie hat noch mit zwei solchen gestörten Magnetstäben B und C nach Coulomb's Methode Beobachtungen angestellt, um die Anordnung des Magnetismus in ihrem Innern zu prüfen. Allein da diese Reihen gleich derjenigen, die oben für den Stab A mitgetheilt wurde, sehr lückenhaft sind, so unterlassen wir ihre Mittheilung. Einzig geht daraus hervor, daſs bei einer solchen einseitigen Störung des Magnets nicht nur die Polarität des bestrichenen Endes, sondern auch zugleich die andere eine bedeutende Schwächung (etwa bis auf die Hälfte) erleide. Jener hier bestätigte und oben auch von Kupffer gefundene Satz, daſs, *je stärker die Polarität, desto näher ihr der Indifferenzpunct liege*, hat also nur eine relative Bedeutung, die bloſs für einen gegebenen Stab gilt, und es folgt daraus keineswegs, daſs die gröſste magnetische Intensität am meisten zusammengedrängt sey, sondern sie scheint immerhin eines gewissen Raumes zu bedürfen, der mit der Oberfläche des Stabes, namentlich mit dem Verhältnisse seiner Dicke und Länge, in Verbindung steht. — Schon aus theoretischen Gründen sind wir zu der Annahme berechtigt, daſs das Quantum der beiden Polaritäten in einem Stabe sich gleich sey, mithin durch die Schwächung des einen Pols auch der andere an Intensität verliere. Der Magnetismus des letztern

wird dem gemäſs einen geringern Raum ausfüllen, während dem er beim erstern, dessen magnetische Festhaltung (Coercitivkraft, *retention*) durch eine äuſserliche Gewaltthätigkeit vermindert worden ist, sich mehr ausbreitet und zerstreut, wie er es im weichen Eisen thun würde. Dieses geht auch aus Christie's Beobachtungen hervor, in welchen die Intensität der bestrichenen Hälfte auf eine Länge von mehr als zwei Zoll sich gleich blieb. Man sollte hieraus vermuthen, daſs durch jene anomale Bestreichung des eines Pols nicht das Gleichgewicht der beiden Magnetismen aufgehoben worden sey, sondern daſs nur in der Art ihrer Vertheilung im Stahlstabe eine Ungleichheit eingetreten sey, vermöge welcher der nicht zerstörte Magnetismus in dem einen Schenkel sich mehr zerstreut und verbreitet, in dem andern aber im Verhältnisse seiner Verminderung bei gleicher Spannung in einen kleinern Raum zurückbegeben habe. Das Gleichgewicht erfordert demnach, daſs die *magnetischen Massen, als Producte der Intensität mit dem Raum, den sie einnehmen, einander gegenseitig gleich seyen*, und wirklich scheinen Christie's Beobachtungen dieses wenigstens für den Punct des Maximums zu bestätigen, indem der Abstand desselben vom Indifferenzpuncte multiplicirt mit seiner Intensität in beiden Hälften nahe das gleiche Product giebt. Man erhält nämlich nach Christie für den Stab B die Producte 8,9 und 9,2 und für den Stab C 8,7 und 8,8; am ungestörten Stabe A 17,2 und 18,5.

Noch sind hier die Versuche zu erwähnen, welche Christie über die Beharrlichkeit der einmal in einem Magnetstabe hervorgebrachten Störung angestellt hat; er magnetisirte am 5. Nov. 1827 die erwähnten Stäbe I und II mit dem Doppelstriche und überfuhr am nämlichen Tage ihre eine Hälfte mit dem 12zolligen Magnete, nachher bewahrte er sie an einem Orte, wo nichts ihren Magnetismus stören konnte. Den Erfolg zeigt nachstehende Tafel.

Digitized by Google

Abstände von der Mitte des Stabes.

Magnet.	Südpol	Indiff.-Punct	Nordpol	Tag d. Beobacht.
I. Ungestörter Magnetismus.	3,75 Z.	6,48 N.	3,80	5. Nov. 1827.
Gestört am Nordpole.	4,06	1,49 S.	2,73	5. Nov.
	4,10	1,31	2,84	12. Dec.
	4,12	1,33	2,86	23. April 1828.
	4,12	1,32	2,86	14. Mai.
II. Ungestörter Magnetismus.	3,73	0,01	3,76	5. Nov. 1827.
Gestört am Südpol.	2,64	1,52	4,05	5. Nov.
	2,67	1,47	4,07	12. Dec.
	2,75	1,45	4,05	23. April 1828.
	2,82	1,37	4,05	14. Mai.

Man sieht, daſs in diesen zwei Stäben, obgleich sie keineswegs hart waren, indem sie leicht von der Feile angegriffen wurden, nur anfänglich einiges Bestreben vorhanden war, den gestörten Magnetismus wieder herzustellen, daſs aber vom December bis Mai alles in seinem Zustande blieb.

Schon oben, als von der Wirkung des Magnets in die Ferne die Rede war, wurden Hansteen's Forschungen über die Verbreitung des Magnetismus im Innern der Stäbe in Anwendung gebracht, aus welchen hervor ging, daſs die Voraussetzung, welche die Intensität nach den Quadraten der Abstände vom magnetischen Mittelpuncte zunehmen läſst, mit der Erfahrung am besten übereinstimme. Die Versuche, die dort zur Bestätigung der Theorie beigebracht wurden, waren jedoch nicht ganz so geeignet, den Werth des Exponenten des Abstandes vom Centrum des Stabes, der in der Differentialformel für die Gesammtwirkung der magnetischen Kräfte des Stabes durch r bezeichnet war, auſser Zweifel zu setzen. Hansteen bemühte sich demnach, durch Versuche von anderer Einrichtung der Entscheidung dieses Punctes näher zu kommen.

An einem Gestelle ABC war eine englische Goldwaage aufgehängt, von deren einer Schale N ein kleiner Magnetstab PO, an einem Drahte befestigt, herabhing. Ein anderer Magnet war an dem 2 Ellen langen Schieber EF, der im Fuſs- Fig. 132.

brete des Gestelles bei H durch Reibung auf- und niederbewegt werden konnte, befestigt. Durch ein Gegengewicht in der Schale M war die Schwere des Magnets PO ausgeglichen, und so wurde auch bei den Versuchen durch Gewichte, die man, je nachdem es um Anziehung oder Abstoſsung zwischen beiden Magneten zu thun war, bald in M, bald in N legte, das Gleichgewicht jederzeit hergestellt. Zur genauern Abwägung hatte man ein Stück Goldzieherdraht, das genau 1 Gran wog, in 10 gleiche Theile und von diesen einige noch in die Hälfte zerschnitten, so daſs man Zwanzigstel Grane erhielt. Der Schieber war in halbe Magnetaxen oder halbe Längen des Magnets PO mit ihren Unterabtheilungen eingetheilt. PO selbst war 5,6 Zoll lang, 5,5 Lin. breit und 1,2 Lin. dick.

In der im vorigen Abschnitte (*Anziehung in der Entfernung*) gegebenen Entwicklung hatte Hansteen gezeigt, daſs, wenn x die halbe Magnetlänge, a die Entfernung eines auſserhalb des Magnets in der Verlängerung seiner Axe liegenden Punctes von der Mitte bezeichnet und r das Gesetz ausdrückt, nach welchem der Magnetismus sich im Innern des Stabes, t dasjenige, nach welchem er sich auſserhalb ausbreitet, sich die Gesammtwirkung K des Stabes durch die Formel

$$K = m\,n \left(\int \frac{x^r\, dx}{(a - x)^t} - \int \frac{x^r\, dx}{(a + x)^t} \right)$$

ausdrücken läſst, in welcher m und n die einer jeden Magnethälfte zustehende magnetische Kraft darstellen; oder wenn F die Function der Entfernung a der Mittelpuncte zweier Magnete und der halben Magnetlänge x bezeichnet, so ist $K = m\,n \,.\, F$. Die Integration der obigen Formel und ihre Entwicklung in Reihen führt auf folgende zwei Ausdrücke, in welchen der Exponent $r = 1$ oder $= 2$ gesetzt wird:

für $r = 1$

$$K = 2\,m\,n \left\{ \frac{3 \cdot 2^2}{5 \cdot 6} \cdot \frac{x^6}{a^4} + \frac{5 \cdot 2^4}{7 \cdot 8} \cdot \frac{x^8}{a^6} + \frac{7 \cdot 2^6}{9 \cdot 10} \cdot \frac{x^{10}}{a^8} + \ldots \right\}$$

für $r = 2$

$$K = 2\,m\,n \left\{ \frac{3 \cdot 2^2}{7 \cdot 8} \cdot \frac{x^8}{a^4} + \frac{5 \cdot 2^4}{9 \cdot 10} \cdot \frac{x^{10}}{a^6} + \frac{7 \cdot 2^6}{11 \cdot 12} \cdot \frac{x^{12}}{a^8} + \ldots \right\}$$

Digitized by Google

Setzt man x = 1, so wird nach der ersten Formel

$$K = mn \left\{ \frac{4}{5a^4} + \frac{5.4}{7.a^6} + \frac{7.64}{9.5a^8} + \dots \right\}$$

und nach der zweiten

$$K = mn \left\{ \frac{3}{7a^4} + \frac{16}{9a^6} + \frac{7.32}{3.11a^8} + \dots \right\}$$

Setzt man nun das Gewicht von Granen, welches der Anziehung oder Abstoſsung beider Magnete bei einer gewiſsen Entfernung a ihrer Mittelpuncte das Gleichgewicht hält, = p, so ist p = K = mn.F, und da mn eine beständige Gröſse ist, so muſs K mit F proportionirt seyn, d. h. in einerlei Verhältniſs zu- und abnehmen. Es ist also p = mn F und $mn = \frac{p}{F}$, d. i. $\frac{p}{F}$ muſs einen constanten Quotienten geben. Mit Hülfe dieses letztern kann man die nach der Formel berechneten Werthe von K denjenigen von p conform machen und so das Ergebniſs der beiden Annahmen von r mit der Erfahrung vergleichen. Folgende zwei Tafeln geben die Resultate des Versuchs und diejenigen der Rechnung für die beiden Voraussetzungen von r.

Für r = 1.

a = Abstand d. Mittelp.	Gewicht p.		p Mittel	Function F	mn = p : F	p = mn F berechnet	Diff.
	Anzieh.	Abstoſs.					
	Gr.	Gr.					
4,0	0,15	0,15	0,15	0,00401	37,396	0,165	— 0,01
3,5	0,20	0,30	0,25	0,00751	33,291	0,309	— 0,06
3,0	0,50	0,55	0,52	0,01629	31,988	0,671	— 0,15
2,8	0,85	0,85	0,85	0,02375	35,795	0,976	— 0,13
2,6	1,50	1,50	1,50	0,03679	40,773	1,516	— 0,02
2,5	1,95	2,05	2,00	0,04732	42,366	1,949	+ 0,05
2,4	2,70	2,60	2,65	0,06280	42,167	2,587	+ 0,06
2,3	4,55		4,55	0,08704	52,276	3,586	+ 0,96
2,2	7,10		7,10	0,13033	54,601	5,356	+ 1,54

Für r = 2.

p Mittel	Function F	mn = p : F	p = mn F berechnet	Diff.
0,15	0,00225	66,773	0,152	0,00
0,25	0,00375	66,690	0,255	0,00
0,52	0,00949	54,786	0,645	— 0,13
0,85	0,01408	60,358	0,957	— 0,11
1,50	0,02238	67,027	1,518	— 0,02
2,00	0,02925	68,373	1,988	+ 0,01
2,65	0,03966	66,810	2,699	+ 0,05
4,55	0,05666	80,318	3,850	+ 0,70
7,10	0,08818	80,520	5,993	+ 1,11

In der ersten Columne befinden sich die Abstände a der Mittelpuncte beider Magnete, die zweite und dritte zeigen die Zahl von Granen an, welche in die eine oder andere Schale gelegt werden muſsten, um der Anziehung oder Abstoſsung das Gleichgewicht zu halten, in der vierten findet man das arithmetische Mittel aus beiden. Die fünfte Columne giebt die Werthe der Function F nach den vorstehenden Formeln berechnet, oben für r = 1, unten für r = 2. In der sechsten ist $mn = \frac{p}{F}$ enthalten; das Mittel aus den neun Bestimmungen ist für r = 1 die Zahl 41,184[1], für r = 2 die Zahl 67,962. Mit diesen Werthen sind in der siebenten Columne die Gewichte für beide Fälle bestimmt, und die achte stellt ihre Vergleichung mit den beobachteten dar.

Ein Blick auf dieselbe setzt es auſser Zweifel, daſs die Formel für r = 2 der Wahrheit näher komme, wenn sie gleich für Abstände unter 2,4 auch nicht ganz der Beobachtung sich anzupassen vermag. Dieses mag zum Theil vom Versuche selbst herrühren, denn da in so geringen Entfernungen die Anziehung stark zunimmt, so ist es schwieriger, wenn bei den schnellen Gewichtsveränderungen die Waage in einiges Schwanken geräth, die Abstände mit der gehörigen Schärfe ſest zu halten, wodurch dann leicht die Gewichtsangaben zu

1 Die hier gegebenen Werthe der siebenten Spalte für r = 1 weichen von Hansteen's Angaben merklich ab. Hansteen hatte hier nur das Mittel aus den vier ersten Bestimmungen von mn genommen, das nur 84,62 beträgt, bei der zweiten Tafel wurde das Mittel aus allen angewendet; es schien mir aber nothwendig, für beide Fälle das gleiche Verfahren zu befolgen.

Digitized by Google

groſs ausfallen. Stärkere Magnetstäbe, überhaupt eine Vergröſserung des ganzen Apparats dürfte hier von wesentlichem Vortheil seyn.

Hansteen machte noch einen zweiten Versuch mit zwei gleichen Magnetstäben, die Oersted zugehörten; sie waren um 1 Zoll kürzer, als die vorhin gebrauchten, aber viel kräftiger, die Entfernung ihrer Mittelpuncte wurde ebenfalls nach einer Eintheilung bestimmt, die auf eine halbe Magnetlänge 10 Theile in sich faſste. Bei den gröſsern Entfernungen wurden die Abwägungen, sowohl in der Anziehung als in der Abstoſsung, mehrere Male wiederholt.

Für r = 1.

Abst. der Mittelp.	Gewicht der		p Mittel	Function F	mn =p:F	p=mnF berechnet	Diff.
	Anziehung.	Abstoſs.					
	Gr.	Gr.					
5,0	0,212	0,267	0,236	0,00149	157,92	0,236	0,000
4,5	0,337	0,350	0,343	0,00237	144,87	0,374	— 0,031
4,0	0,602	0,600	0,601	0,00401	149,93	0,633	— 0,032
3,5	1,120	1,125	1,122	0,00751	149,48	1,185	— 0,063
3,0	2,570	2,700	2,622	0,01629	160,93	2,573	+ 0,049
2,8	3,877	3,810	3,844	0,02375	161,87	3,750	+ 0,094
2,7	4,867	4,550	4,788	0,02928	163,48	4,624	+ 0,164
2,6	6,665	5,700	6,343	0,03679	172,43	5,809	+ 0,534
2,5	8,20.	7,60.	7,900	0,04732	160,19	7,471	+ 0,429
2,4	11,7..	10,7..	11,200	0,06280	178,35	9,916	+ 1,284
2,3	17,4..	15,0..	16,200	0,08704	186,12	13,743	+ 2,457
2,2	31,30.	22,8..	27,050	0,13033	207,55	20,579	+ 6,471
2,1	70,30.	37,8..	54,050	0,22032	235,70	36,209	+ 17,841

Für r = 2.

0,236	0,00085	277,13	0,235	+ 0,001
0,343	0,00130	263,47	0,359	— 0,016
0,601	0,00225	267,71	0,620	— 0,019
1,122	0,00375	299,30	1,034	+ 0,088
2,622	0,00949	276,25	2,619	+ 0,003
3,849	0,01408	272,95	3,885	— 0,041
4,788	0,01756	272,60	4,845	— 0,057
6,343	0,02238	283,45	6,174	+ 0,169
7,900	0,02925	270,07	8,070	— 0,170
11,200	0,03967	282,36	10,943	+ 0,257
16,200	0,05667	285,96	15,633	+ 0,567
27,050	0,08818	306,77	24,337	+ 2,713
54,050	0,22626	238,89	62,421	— 8,371

Digitized by Google

Der mittlere Werth von $m n = \frac{P}{F}$ ist hier für beide Fälle aus den 9 ersten Abwägungen (von $a = 5{,}0$ bis $a = 2{,}5$) im Mittel 157,90 für $r = 1$ und 275,88 für $r = 2$ gesetzt. Man sieht, daſs die letztere Formel auch hier mit den Beobachtungen besser übereinstimmt, indem die Zeichen ihrer Fehler abwechseln und mit Ausnahme der zwei letzten Abwägungen nur 3 Procent des Gewichts betragen. Die groſse Ungleichheit zwischen den Kräften der Anziehung und Abstoſsung in diesen beiden (8,5 und 32,5 Gran) macht es allerdings zweifelhaft, ob ihr arithmetisches Mittel der reinen Wirkung der magnetischen Kräfte in dieser Nähe entspreche. Auch hier tritt ein, was schon Musschenbroeck und Dalla Bella bemerkten, daſs durch die gegenseitige Einwirkung der Pole in geringen Entfernungen die Anziehung über das gewöhnliche Maſs vergröſsert, die Abstoſsung verringert wird.

Uebrigens bemerkt Hansteen sehr richtig, daſs die Gröſsen m und r, von denen die eine die absolute Kraft eines Magnets, die andere das Gesetz ihrer Ausbreitung im Innern desselben bezeichnet, genau genommen nicht als beständige Gröſsen angesehn werden können. So müſste nach den obigen Formeln die Anziehung eines Magnets auf das an sich unmagnetische Eisen, in welchem also $m = 0$ ist, ebenfalls $= 0$ seyn, wie dieses bei Holz und Stein und allen unmagnetischen Stoffen der Fall ist. Gleichwohl durchläuft dieses, wenn es einem Magnete genähert wird, alle Grade von Magnetismus von 0 bis m, welchen letztern Werth es bei der Berührung selbst erhält. Diese Formeln sind also auf die Anziehung des weichen Eisens nicht anwendbar, und wahrscheinlich richten sich die Veränderungen von m und r nach einem höhern Gesetze, in welchem sie als Functionen des Abstandes a erscheinen. Allein dieses möchte sich in nahen Abständen als sehr verwickelt zeigen, während dem sein Einfluſs bei gröſsern Entfernungen unfühlbar wäre.

Die Vermuthung, daſs r nicht unter 2 seyn könne, wird auch noch durch directe Versuche von Steinhauser, der mit der Erforschung des Magnetismus sich so vielfach beschäftigt hat, dargethan [1]. Er bestimmte nämlich die Anziehung ver-

1 De Magnetismo telluris; Comment. math. phys. Sect. I. p. 24.

schiedener Magnete auf ein Stück Eisen, das längst ihrer Seite bewegt wurde, in verschiedenen Abständen vom Mittelpuncte durch directe Abwägung. Folgendes sind die Resultate, bei welchen die Entfernungen vom Mittelpuncte in Zehntheilen der Halbaxe und die Gewichte in $\frac{1}{12}$ Unze angegeben sind.

Magnet A.				Magnet B.			
Abstand vom Mittelp.	Anziehung				Anziehung		
	Nordp.	Südp.	Mittel.	Abstand	Nordp.	Südp.	Mittel.
2	5	4	4,5	2	27	24	25,5
4	14	20	17,0	4	53	188	120,5
6	40	47	43,5	6	236	260	248,0
8	63	65	64,0	8	400	378	389,0
10	104	102	103,0	10	624	684	654,0

Es bedarf nur eines leichten Ueberblicks, um zu sehn, daſs die Anziehungen sich sehr nahe wie die Quadrate der Abstände vom Mittelpuncte des Stabes verhalten, indem die Zahlen 4, 16, 36, 64, 100 nur wenig von den wirklichen Angaben für den Magnet A und von den um etwa 15mal vergröſserten Werthen für B, nämlich 3,9; 18,5; 38,2; 58,4; 100,5, abweichen. Die Unterschiede sind geringer, als die Ungleichheit, welche der Beobachtung zufolge an einigen Stellen zwischen der Anziehung des Nordpols und des Südpols statt finden soll. Es ergiebt sich also auch aus diesen Versuchen, sowie aus den Berechnungen Hansteen's, daſs die Zunahme der magnetischen Kraft im Innern der Stäbe nicht, wie die frühern Physiker voraussetzten, im einfachen Verhältnisse der Entfernungen vom Indifferenzpuncte statt finde, wobei es noch genauern Versuchen vorbehalten bleibt, zu entscheiden, ob die Natur das genaue Verhältniſs einer quadratischen Fortschreitung, wie die zuletzt angeführten Versuche zu verrathen scheinen, oder das von Biot angegebene Gesetz, oder ein anderes mehr zusammengesetztes befolge.

XI. Die magnetische Curve.

Daſs der Magnet kleine Partikeln von Eisen (Eisenfeilicht) anziehe und sie in gewissen Richtungen und Formen um sich

Digitized by Google

anordne, war schon den Alten bekannt. Dieſs beweist folgende Stelle des Lucretius [1].

Exsultare etiam Samothracia ferrea vidi,
Et ramenta simul ferri furere intus ahenis
In scaphiis, lapis hic Magnes cum subditus esset,
Usque adeo fugere a saxo gestire videtur.
Aere interposito, discordia tanta creatur.

Sie kannten also nicht nur das Aufstehen der Eisentheile im Wirkungskreise des Magnets, sondern auch, daſs diese Wirkung durch feste Körper, wie z. B. Erz, hindurch drang. Dennoch blieben ihnen die eigentlichen magnetischen Figuren verborgen, weil die Kunst des Experimentirens, als etwas Handwerkliches, bei ihnen nicht in Ehren stand. Dieses erfordert auch, um gut zu gelingen, einige Sorgfalt. Die Fläche, welche man über den Magnet legt, muſs sehr glatt seyn; am besten taugt dazu eine Glastafel oder steifes geglättetes Papier; das Eisenfeilicht muſs ziemlich gleichförmig und nicht zu grob seyn; es muſs aus einem porösen Beutel oder einem feinen Siebe frei zertheilt auf die Fläche fallen und diese muſs von Zeit zu Zeit durch kleine Erschütterungen, Schläge oder Stöſse so in Bewegung versetzt werden, daſs diejenigen Partikeln, die noch keine bestimmte Lage erhalten haben, während des Aufspringens vom magnetischen Strome ergriffen
Fig. werden können. Figuren dieser Art sind in den Zeichnungen
133. dargestellt. Bei Gilbert [2] kommen sie noch nicht vor, aber
bis
137. La Hire beschäftigte sich damit, und Musschenbroeck [3] führt ihrer mehrere an; am ausführlichsten finden sie sich in einem im J. 1753 zu Straſsburg erschienenen Werke: *Description des courants Magnetiques dessinés d'après nature en* XV. *planches etc. par Mr. B**** (Bazin) in 4. Der Verſasser glaubte, wie noch andere Physiker seiner Zeit, dem Geheimniſs der magnetischen Wirkungen, die wir (nach seinem Ausdrucke) „wie die Blinden die Sonne" genieſsen, durch mannigfache Umgestaltung dieses Versuchs näher zu kommen. In dreiſsig Zeichnungen stellt er die Wirbel (*tourbillons*) dar, die sich bei magnetischen Stäben, einzeln und in Verbindung,

1 Lib. VI. v. 1042.
2 Tract. de Magnete.
3 Dissert. de Magnete.

Digitized by Google

bei Hufeisen- und kreisförmigen Magneten ergeben. Die Haupterscheinung ist diese. Die Enden eines Magnetstabes oder Fig. Hufeisens sind längst ihrer Kanten mit Zügen von Eisenfeilicht 133. umlagert, dessen Richtung gerade auf den Pol oder den magnetischen Condensationspunct NN, SS (einige Linien innerhalb des Stabes) zugeht. Im Parallel desselben stehen sie senkrecht auf die Axe des Stabes, biegen sich dann allmälig nach seiner Mitte hin und bilden um dieselbe einen fast kreisförmigen Schwung AA, so daſs die Mitte selbst oder der eigentliche Indifferenzpunct leer bleibt. Diese Ausstrahlungen erstrecken sich bei Stäben von 6 Zoll Länge und $\frac{1}{2}$ Zoll Breite nur auf etwa $\frac{3}{4}$ Zoll von der Kante des Stabes. Die Stellen, die zwischen A und N oder A und S liegen, sind daher nicht vermögend, sich in eine zusammenhängende Curve um A zu vereinigen, sondern es erscheint daselbst nur der Anfang dieser Curve. Dieses sind die Erscheinungen an einem einzelnen Stabe. Werden zwei Stäbe einander insoweit genähert, Fig. daſs ihre Wirkungskreise sich berühren, so geht bei dem Be- 134. gegnen freundschaftlicher Pole die Ausstrahlung ebenfalls in die magnetische Curve über. Stehen sich aber die gleichnamigen Pole entgegen, so treiben die Strahlenbüschel sich gegenseitig ab. Begreiflich ist diese Darstellung von der Lage- Fig. rung des Eisenfeilichts um einen Magnet nur eine Projection 135. auf einer Ebene, allein sie zeigt genugsam, was auch in andern Durchschnittsebenen der Magnetaxe vor sich gehn würde. Die Anordnung des Eisenfeilichts in einer durch die Magnetaxen senkrecht gehenden Ebene, worin z. B. die befreundeten Pole eines Hufeisenmagnets aufwärts gerichtet sind, stellt Fig. die Zeichnung dar. 136.

Alle diese Darstellungen lassen sich, wie schon Musschenbroeck[1] gezeigt hat, gar wohl aus dem Einflusse erklären, den die Pole eines Magnets vereint auf kleine Nadeln ausüben würden, welche in einer Horizontalebene um den Magnet zerstreut liegen. Jedes Eisentheilchen ist als eine solche Nadel anzusehen, deren Richtung durch ihren Abstand vom Magnetstabe und ihre Annäherung zum einen oder andern Pole bestimmt wird. Wenn auch diese Richtungen in ihrer Reihenfolge sich zu einer regelmäſsigen Curve gestalten, so folgt dar-

1 Diss. de Mag. p. 129.

aus noch keineswegs, daſs diese das Gebilde einer vom Magnete ausgehenden *Strömung* sey, indem sie auch ohne dieselbe bloſs durch die dirigirende Kraft des Magnets sich ergeben würde. Bazin, welcher die Meinung aufstellt, daſs die magnetische Materie in der Mitte der Nadel einflieſse und aus beiden Polen ausströme, führt als Beweis dafür nicht nur die in Fig. 135. gezeigte Aufstauung der Richtungen zwischen zwei gleichnamigen Polen, sondern auch noch folgenden Versuch an, welcher sogar einen, zwar nur für Eisentheile fühlbaren, mechanischen Stoſs dieser Ausströmung beweisen soll. Wenn man nämlich die gleichnamigen Pole
Fig. 137. zweier Hufeisenmagnete von ungleicher Stärke einander nahe bringt, so wird in dem auf der übergelegten Glastafel erscheinenden Gebilde das Eisenfeilicht an der zwischen beiden Magneten liegenden Stelle p, p vom gröſsern Magnete gleichsam wie weggeblasen und es zeigt sich dort eine Leere. Allein dieses erklärt sich auch ohne Strömungen leicht daraus, daſs jene Eisentheile, von beiden Magneten in gleichem Maſse sollicitirt, an ihren beiden Enden zu gleicher Zeit entgegengesetzte Pole erhalten, wodurch sie ganz indifferent werden. Bei den nachfolgenden Erschütterungen der Tafel, und schon ehe sie niederfallen, gerathen sie dann in die Anziehungssphäre des einen oder andern Magnets, und jene Stelle des Gleichgewichts bleibt ohne eine Ablage. Daſs übrigens, wenn die Wirkung des Magnets in die Ferne auf dem Stoſse einer bewegten Flüssigkeit (eines Stromes) beruhen sollte, die unter schiefen Winkeln einfallenden Wirkungen nach einem andern Gesetze, als dem des einfachen Sinus des Einfallswinkels sich richten müſsten, hat schon Lambert in seiner oben berührten Abhandlung dargethan[1].

Wenn auch die Configurationen des Eisenfeilichts die gehofften Aufschlüsse über das Wesen des Magnetismus nicht zu gewähren vermochten, so leiteten sie doch wenigstens auf die nähere Untersuchung der allgemeinen Frage über die *Richtung*, in welche eine kleine Magnetnadel in der Nähe eines Magnetstabes nach Maſsgabe ihrer Entfernung von demselben und ihrer gröſsern relativen Nähe zu dem einen oder andern Pole sich versetzen würde. An diese schloſs sich dann die

---

1 Mém. de Berlin. 1766. p. 35.

Untersuchung über diejenige Linie, in welcher diese Richtungen nach einem bestimmten Gesetze continuirlich in einander übergehn, oder über die Natur der *magnetischen Curve* an. Streng genommen, ist das Problem an sich keineswegs leicht. Die kleine Nadel wird erstlich vom Magnetismus der Erde sollicitirt, und somit müssen die Einwirkungen des Magnetstabes je nach seiner Stellung und Richtung gegen den magnetischen Meridian verschiedentlich modificirt werden; sodann kommen bei dieser Untersuchung die wirkenden Kräfte des Magnetstabes selbst, namentlich die Lage seiner Pole oder magnetischen Schwerpuncte und die im vorigen Abschnitte behandelte Vertheilung des Magnetismus im Stabe, in Betracht. Nicht minder wesentlich ist hierbei das Gesetz der Wirkung in die Ferne, und seine Modification durch den Einfallswinkel. Endlich muſs die Nadel selbst eine materielle Länge haben, und auf jedes ihrer Enden wirken die beiden Pole des Magnetstabes sowohl anziehend als auch abstoſsend. Man sieht, daſs es hier der Complicationen genug giebt, um wenigstens bei dem frühern Zustande der Analyse, die Forscher von einer allgemeinen theoretischen Untersuchung abzuschrekken. Wirklich ist auch Lambert der erste, der an diese Aufgabe sich wagte. In seiner Abhandlung *sur la Courbure du courant magnétique*[1] entwickelt er mit gewohntem Scharfsinn die Schwierigkeiten dieses Unternehmens, und bemerkt, daſs wenn auch am Ende nach irgend welchen Voraussetzungen über die Natur der einwirkenden Elemente eine Formel sich finden lasse, sie doch so weitläufig ausfallen würde, daſs man es unterlassen müſste, sie mit der Erfahrung zu vergleichen. Da Nadel sowohl als Magnetstab ihre drei Dimensionen haben, so würde die Bestimmung des Zustandes des Gleichgewichts sechs Integrationen nöthig machen, wozu noch eine siebente für die Herleitung der magnetischen Curve selbst hinzukäme; diese lassen sich jedoch, wenn man die Nadel als unendlich klein annähme, auf vier, und insofern der Magnetstab wenig Dicke hätte, auf drei zurückbringen. Nach diesen Annahmen versucht er sodann die Bestimmung des Winkels, welchen die Nadel in jeder Lage mit einem auf die Axe des Magnetstabes gefällten Perpendikel macht, wobei er die Aus-

1 Mém. de l'Acad. de Berlin. 1767. p. 49.

breitung des Magnetismus im Stabe, wie früher Tobias Mayer, im einfachen Verhältnisse der Entfernungen von der Mitte voraussetzt, findet aber seine Formel noch so unbequem, und besonders zur Herleitung einer Gleichung für die magnetische Curve so untauglich, daſs er sogleich davon abgeht, um eine zweite zu versuchen, die wegen der Einmischung transcendenter Gröſsen in dieser Beziehung vor der erstern keine Vorzüge hat. Er berechnet jedoch nach derselben einige Positionen der Nadel und findet die sie verbindende Curve mit derjenigen übereinstimmend, welche er früher aus einigen Versuchen hierüber entworfen hatte.

So ungenügend auch das Resultat dieser Bemühungen erscheinen mag, so zeichnet sich dennoch auch diese Arbeit des genialen Mannes durch klare Auffassung des Gegenstandes, durch scharfsinnige Bemerkungen, besonders aber durch eine sinnreiche Anordnung der Versuche aus. Die Aufgabe
Fig. ist einfach diese: „Ein Magnetstab von bekannter Länge NS,
138. die Entfernung der kleinen Nadel A von seinem Mittelpuncte C, oder der Abstand CA, nebst dem Winkel ACS ist gegeben; man soll hieraus die Richtung der Nadel A, oder den Winkel CAT oder auch T bestimmen.“ Da hier, wie wir bereits bemerkt, auch der Erdmagnetismus auf die Richtung der Nadel seinen Einfluſs ausübt, welcher die Reinheit der Aufgabe stört, so eliminirt Lambert denselben sehr einfach dadurch, daſs er nicht die Nadel um den Magnet, sondern diesen um jene sich bewegen läſst. Auf diese Weise bleibt die Nadel beständig im Meridian; im Dreieck CAT ist die Richtung AT unveränderlich, der Winkel CAT wird auf bestimmte Grade eingestellt, und der Magnet NS so lange um das Centrum C bewegt, bis die kleine Nadel in der Richtung AT zur Ruhe kommt. Auf diese Weise erhielt Lambert für verschiedene Winkel in C von 10 zu 10 Graden, und für abwechselnde Abstände AC von 3 bis 15 Zollen verschiedene Angaben des Winkels ACT. Die Distanzen zeichnete er auf ein Bret als concentrische Kreise auf, deren Centrum die Mitte C des Magnetstabes war und erhielt so für verschiedene Positionen von A die Richtungen AT der Nadel, als Tangenten verschiedener magnetischer Curven. Durch eine ziemlich verwickelte Anwendung von Hülfsbogen, die er aus den Beobachtungen ableitet und die eine Art Trajectorien der ma-

Digitized by Google

gnetischen Curve bilden, gelangt er endlich zur Darstellung dieser Curve selbst.

Seither haben weder deutsche, noch französische Physiker sich mit diesem Gegenstande beschäftigt; nur die Engländer Robison, Playfair und Leslie[1] haben sich bemüht, die Aufgabe in ihrem ganzen Umfange zu lösen, und ganz neulich hat Roget ihre Methoden noch ziemlich vereinfacht[2]. Es sey in A die freischwebende Nadel, die wir als unendlich klein voraussetzen und die von den Polen N und S des Magnetstabes m sollicitirt wird. Man denke sich hierbei die einzelnen Kräfte des Stabes in die Puncte N und S als in magnetische Schwerpuncte vereinigt, und setze ihre Wirkung auf die Nadel dem umgekehrten Verhältnisse der Quadrate der Abstände NA und SA gleich. Hierbei wird, nach der Zerlegung der Kräfte, derjenige Theil, welcher die Drehung der Nadel hervorbringt, durch den Sinus des Winkels dargestellt, welchen die Richtung der Kraft mit dem Radius der Drehung bildet, und ist mithin den Sinus der Winkel NAT und SAT proportional. Da die Nadel als unendlich klein gedacht wird, so kann man sich die Richtungen der Kräfte beider Pole als in dem Puncte A vereinigt denken, und die zurückstoſsende Kraft des einen Pols der anziehenden des andern beilegen. Bezeichnen wir nun der Kürze wegen

Fig. 139.

	AN	durch	n
	AS	-	s
den Winkel	NAT	-	ν
- -	SAT	-	σ

und die Länge des Magnets NS durch m, seine Verlängerungslinie ST durch x, und fällen wir aus N und S die Perpendikel NP und SQ, oder p und q, so sind, nach dem Gesagten, die dirigirenden Kräfte der Nadel, die wir durch R und r ausdrücken wollen im zusammengesetzten Verhältnisse der Linien p und q, als Sinus der beiden Winkel in A, und der Umkehrungszahlen der Quadrate der Abstände n und s *oder* $= \frac{\text{Sin.}\,\nu}{n^2} : \frac{\text{Sin.}\,\sigma}{s^2}$. Aus der Aehnlichkeit der Dreiecke NPT und SQT erhält man

1 Der erstere in der Encyclopedia Britannica Art. *Magnetism*. der letztere in seiner Geometrical Analysis.

2 Journ. of the Roy. Instit. 1831. Nr. 2. p. 311.

$$p : q = m + x : x;$$

es ist aber $p = n \text{ Sin.} \nu$, und $q = s . \text{Sin.} \sigma$, als $\frac{p}{n} = \text{Sin.} \nu$ und $\frac{q}{s} = \text{Sin.} \sigma$. Man hat daher

$$R : r = \frac{\text{Sin.} \nu}{n^2} : \frac{\text{Sin.} \sigma}{s^2} = \frac{p}{n^3} : \frac{q}{s^3} = \frac{m + x}{n^3} : \frac{x}{s^3}.$$

Im Zustande des Gleichgewichts aber ist $R = r$; also auch $\frac{m + x}{n^3} = \frac{x}{s^3}$. Daraus $x = \frac{s^3 m}{n^3 - s^3}$; es ist also auch $m + x : x = n^3 : s^3$, d. h. die Tangente der magnetischen Curve schneidet die verlängerte Axe des Magnetstabes in zwei Segmente, die sich wie die Cubi der Abstände von seinen beiden Polen verhalten.

Um die hier abgeleitete Formel an den Prüfstein der Beobachtung zu halten, benutzte ich Lambert's Idee zur Construction des nachfolgenden Apparates:

Auf einem groſsen Reiſsbrete wurde aus dem Puncte A
Fig. als Centrum der Halbkreis 0°, 30, 60, 90, 60, 30, 0, ... eingetheilt
140. und bei A ein kupferner Stift eingeschraubt. Auf diesem bewegte sich frei in der Theilungsebene das Lineal AD, dessen Ende D die Grade des Winkels 0AD bezeichnete. Ueber das Lineal hin gleitete als ein Schlitten der Rectangel ef, mit einer darauf gelegten um C beweglichen eingetheilten Scheibe, deren Diameter den Magnetstab NS aufnahm. Freischwebend über A befand sich ein hölzernes, oben mit Glas bedecktes Kästchen, gh, in welchem die kleine Magnetnadel ns spielte, die in einer Glasröhre, an einem ungedrehten Seidenfaden aufgehängt, und deren Mitte genau senkrecht über das Centrum A gerichtet war. An ihr war ein äuſserst feiner, leichter Metalldraht befestigt, um durch die Vergröſserung des Radius jede Verrückung derselben desto leichter zu erkennen. Es wurde also hier nicht die Nadel um den Magnet, sondern dieser um die Nadel herumgetragen. Der Gang der Versuche war folgender:

Zuerst wurde das Lineal AD im Meridiane der Nadel, und zwar auf ihrer nördlichen Seite auf 0° eingestellt, und zugleich der Magnetstab NS auf dem Schieber ef so gedreht, daſs er ebenfalls im Meridian der Nadel lag und seine Axe auf den Nullpunct seiner Theilung hinwies. Dabei war sein

Digitized by Google

Südende dem Nordpole der kleinen Nadel zugekehrt, und der Schieber e f so festgestellt, daſs die Mitte des Stabes um eine bestimmte Anzahl von Zollen vom Centrum der Nadel abstand. Um bei Beobachtung der Nadel jede Parallaxe zu vermeiden, waren in dem Glaskästchen g h zwei weiſse Papierstücke, das eine am Boden des Kästchens, das andere nahe unter dem Glasdeckel, befestigt, auf deren jedem eine feine Linie gezogen war, die eine Verlängerung des Meridians bildete. Zwischen den Ebenen dieser Papierstücke schwang die Nadel, deren Verlängerungsdraht nur die Dicke eines starken Menschenhaares hatte. Noch ehe der Magnetstab in die Nähe gebracht worden war, hatte man die ganze Tafel so gedreht, daſs der feine Draht genau auf den angenommenen Meridian einspielte. Zeigte sich nun, nachdem der Stab an seine Stelle gelegt worden war, die geringste Abweichung, so wurde das Lineal A D so lange nach Osten oder Westen hingedreht, bis die Nadel wieder in den Meridian zurückgekommen war, und hierauf die Stellung des Lineals A D notirt. Nun wurde der Magnetstab N S durch Drehung um C um 10 Grade ostwärts versetzt, sodann auch das Lineal A D nach der nämlichen Seite soweit hinbewegt, bis die vorher gestörte Nadel sich wieder im Meridiane befand. Der Zeiger D gab die Richtung der Abstandslinie oder den Winkel A für diese Stellung des Magnets nach Winkel C (von 10 Graden) an. Successiv wurde nun für die folgenden Winkel C = 20, 30 . . 90 Grade auch der Winkel A notirt, bei welchem die Nadel im Meridiane blieb. Auf diese Weise befand sich der Magnet parallel mit der Nadel, wenn die Abweichung des Lineals A D etwa 90° betrug. Nun wurde in fortlaufender Richtung die nämliche Beobachtungsmethode fortgesetzt, bis sich zuletzt Lineal und Magnetstab im Süden der Nadel in der Verlängerung ihres Meridians befanden. Der Raum und die Befestigung des schwebenden Kästchens g h lieſs es nicht zu, diese Beobachtungen auch auf der Westseite der Nadel fortzusetzen. Die Dimensionen des Apparats waren folgende: Radius A D des Theilungskreises 0°, 30°, 60° ... = 15 Paris. Zoll. Der Kreis, auf welchem der Magnetstab N S befestigt war, hatte zuerst 6 Zoll Durchmesser, nachher wurde ihm der gröſsern Eintheilung wegen ein Halbkreis von 8 Zoll Radius substituirt. Das hölzerne Kästchen g h war 11 Zoll lang. Die in demselben

Digitized by Google

befindliche cylindrische Nadel ns hielt 6 Lin. bei 1 Lin. Dicke; sie war glashart und bis zur Sättigung magnetisirt; ein unterhalb mit Siegellack angeklebter feiner Kupferdraht von $9\frac{1}{2}$ Zoll Länge machte ihre Abweichungen bemerkbarer, und ich glaube nicht, daſs bei der Beurtheilung ihrer Coincidenz mit der Meridianlinie, die meist mit einer Loupe beobachtet wurde, ein Fehler von 0,1 Grad möglich war. Die Nadel selbst war an einem ungedrehten Seidenfaden aufgehängt, der zwar nur 4 Zoll lang war, aber da die Nadel immer im Meridiane zu bleiben hatte, keine Drehung erlitt. Der Magnetstab NS war 6,3 Zoll lang, 5 Lin. breit, 0,5 Linie dick, und wurde in der hohen Kante auf die Scheibe NSC hingelegt. Es war also hier die Länge NS des Magnetstabes, der Abstand AC seiner Mitte C vom Centrum der Nadel A und der Winkel SCA oder NCA gegeben; es sollte hieraus der Winkel CAT abgeleitet werden. Setzen wir $AN = n$, $AS = s$, $AC = d$, $CN = SN = a$, $ST = x$; den Winkel $ACT = C$, und $CAT = A$; so haben wir

1) $n^2 = a^2 + d^2 \pm 2ad. \text{Cos.} C$, und

2) $s^2 = a^2 + d^2 \mp 2ad. \text{Cos.} C$, sodann nach obiger Herleitung

3) $x = \frac{2a.s^3}{n^3 - s^3}$, und endlich

4) $\text{Cot.} A = \frac{d}{(a + x). \text{Sin.} C} - \text{Cot.} C$.

Mit Hülfe dieser Formeln wurden für den Magnetstab von 6,3 Zoll und die Distanzen 10, 12, 14, 16, 18, 20 Zoll, die Werthe von A auf die Winkel $C = 10°, 20° \ldots 90°$ berechnet und mit denselben die nordöstlich und südöstlich von der Magnetnadel beobachteten Werthe von A verglichen. Die Resultate sind in folgenden Tafeln dargestellt:

Digitized by Google

Entfernung d = 10 Zoll Par. Maſs.

Winkel C	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
Nordseite d. Nadel	+ 1°,3	8°,5	15°,1	22°,4	30°,2	37°,5	47°,0	58°,3	73°,0	91°,3
Südseite - -	– 0, 9	+ 6, 6	12, 5	19, 4	26, 8	34, 7	44, 3	56, 5	72, 0	88, 7
A im Mittel	+ 0, 2	7, 3	13, 8	20, 9	28, 5	36, 3	45, 6	57, 4	72, 5	90, 0
A berechnet	0, 0	7, 2	14, 3	21, 6	29, 0	37, 2	46, 5	58, 7	73, 3	90, 0
Fehler der Beob.	– 0, 2	– 0, 1	+ 0, 5	+ 0, 7	+ 0, 5	+ 0, 9	+ 0, 9	+ 1, 3	+ 0, 8	0, 0

d = 12 Zolle.

Nordseite d. Nadel	0°,0	6°,5	13°,0	19, 8	26°,6	34°,4	44°,6	57°,8	73°,7	91°,0
Südseite - -	0, 0	6, 4	12, 6	19, 0	26, 4	34, 3	44, 8	55, 6	71, 2	89, 0
A im Mittel	0, 0	6, 5	12, 8	19, 4	26, 5	34, 4	44, 7	56, 7	72, 5	90, 0
A berechnet	0, 0	6, 5	13, 0	19, 7	26, 9	35, 0	44, 8	57, 0	72, 3	90, 0
Fehler der Beob.	0, 0	0, 0	+0, 2	+ 0, 3	+ 0, 4	+ 0, 6	+ 0, 1	+ 0, 3	– 0, 2	0, 0

d = 14 Zolle.

Nordseite d. Nadel	+ 1,8	7,8	13,8	19,3	25,7	34,2	44,2	54,2	70,0	89,6
Südseite - -	–0,2	5,8	11,7	18,1	25,6	33,3	42,8	55,0	72,0	90,4
A im Mittel	+ 0,8	6,8	12,7	18,7	25,7	33,7	43,5	54,6	71,0	90,0
A berechnet	0,0	6,1	12,3	18,8	25,9	34,1	43,6	56,4	71,9	90,0
Fehler der Beob.	– 0,8	– 0,7	– 0,4	+ 0,1	+ 0,2	+ 0,4	+ 0,1	+ 1,8	+ 0,9	0,0

Digitized by Google

d = 16 Zolle.

Nordseite d. Nadel	+ 4,3	7,3	12,8	18,2	25,6	33,5	43,0	55,0	70,3	91,5
Südseite - -	− 3,0	4,8	11,3	17,7	25,2	33,7	43,7	55,7	71,0	89,5
A im Mittel	+ 0,6	6,0	12,0	18,0	25,4	33,6	43,4	55,4	70,7	90,0
A berechnet	0,0	5,8	11,8	18,2	25,3	33,6	43,8	56,5	71,6	90,0
Fehler der Beob.	− 0,6	− 0,2	− 0,2	+ 0,2	− 0,1	0,0	+ 0,4	+ 1,1	+ 0,9	0,0

d = 18 Zolle.

Nordseite d. Nadel	− 0,3	5,8	12,2	19,2	26,0	33,8	43,8	55,7	71,6	89,0
Südseite - -	+ 0,4	5,6	11,5	17,2	24,4	32,6	42,8	55,8	71,8	91,0
A im Mittel	0,0	5,7	11,8	18,2	25,2	33,2	43,3	55,8	71,7	90,0
A berechnet	0,0	5,6	11,5	17,8	24,8	32,7	43,1	55,7	71,5	90,0
Fehler der Beob.	0,0	− 0,1	− 0,1	− 0,4	− 0,4	− 0,5	− 0,2	− 0,1	− 0,2	0,0

d = 20 Zolle.

Nordseite d. Nadel	+ 1,6	5,7	11,0	19,5	25,5	31,0	41,7	54,0	72,8	88,5
Südseite - -	− 1,2	5,0	12,0	16,2	24,8	32,0	42,8	54,7	72,8	91,5
A im Mittel	+ 0,2	5,3	11,5	17,8	25,3	31,5	41,5	54,4	72,8	90,0
A berechnet	0,0	5,4	11,3	17,5	24,3	32,0	42,0	55,0	71,4	90,0
Fehler der Beob.	− 0,2	+ 0,1	− 0,3	− 0,2	− 1,0	+ 0,6	+ 0,5	+ 0,6	− 1,4	0,0

Man ſieht, daſs die Reſultate der obigen Formel mit den Beobachtungen nicht übel zuſammenſtimmen. Hätte man dieſe im ganzen Umkreiſe um die Nadel vollenden können, ſo hätten die noch übrigen Unvollkommenheiten des Apparats, als Excentricität und Theilungsfehler ſich vermuthlich noch beſſer compenſirt, als dieſes mit der bloſs zweifachen Beobachtungsreihe der Fall war. Dieſem Verfahren hätte jedoch eine andere Schwierigkeit entgegengeſtanden, nämlich die nicht ganz unbedeutende Zeit, die bei jeder Beobachtung verfloſs, ehe die durch die Verſetzungen des Stabes geſtörte Nadel wieder zur Ruhe kam. Es ſchienen nämlich im Verlauf der Zeit oft ſonderbare Launen der Nadel einzutreten, ſo daſs dieſelbe, wenn ſie in einer gewiſſen Stellung des Magnetſtabes vollkommen im Meridiane zur Ruhe gekommen war, eine halbe Stunde ſpäter bei gänzlich unverrücktem Stande der Dinge ſich merklich auſserhalb deſſelben befand und eine neue Stellung des Lineals A D erforderte, die zu den vorhergehenden Beobachtungen gar nicht paſste. Lieſs man ſogleich einer ſolchen anomalen Beobachtung auf der Nordoſtſeite des Meridians, die ihr correſpondirende, auf der Südoſtſeite folgen, ſo compenſirten ſich gemeiniglich die beiden Angaben, ſo daſs ihr Mittel nicht ſehr von der vermuthlichen richtigen Angabe abwich. Zuweilen aber auch erſchienen zu beiden Seiten (z. B. für C = 40° Nordoſt und für 40° Südoſt, Lage des Stabes) übereinſtimmende Reſultate, die aber doch um 3 bis 4 Grade zu groſs waren. Ich überzeugte mich hier mehrmals, daſs nicht Unempfindlichkeit des Apparats oder andere Umſtände im Spiel waren; denn ein ſorgfältig wiederholter Verſuch einer Beobachtung gab auf wenige Zehntelsgrade für A eine Zeit lang daſſelbe Reſultat, und die Nadel, die vorher für einen Winkel von C = 10° den Werth A = 6°,5, conſtant angegeben hatte, würde vielleicht eine halbe Stunde ſpäter auf dieſer Stellung nicht im Meridian zu erhalten ſeyn, ſondern den Werth von A auf 9 oder 10 Grade erheiſchen. Dieſe unerklärlichen Anomalien, die häufiger des Nachmittags als Vormittags ſtatt zu finden ſchienen und mehrere Beobachtungsreihen unbrauchbar machten, waren meiſtens am auffallendſten, wenn der Magnetſtab im Meridiane der Nadel ſich befand. So war z. B. die Reihe für den Abſtand von 14 Zoll ſo eben mit den Angaben + 1,8 und — 0,2 beendigt

Digitized by Google

worden; fünf Minuten später, als zum Behuf der Beobachtungen in 16 Zoll Entfernung der sieben Zoll lange genau passende Schlitten ef auf dem geraden Lineal AD um 2 Zolle hinausgeschoben worden war, erschienen Abweichungen von der geraden Richtung des Meridians von $4^{\circ},3$ und — 3,0. Weder der Magnetstab noch die Nadel waren hier nur im mindesten berührt worden. Diese plötzlich eingetretene Ungleichheit von mehr als sieben Graden verminderte sich jedoch schon bei der zweiten Beobachtung für $C = 10^{\circ}$, wo $A = 7^{\circ},3$ und $4^{\circ},8$ betrug, auf $2\frac{1}{2}$ Grade, und verschwand bald nachher gänzlich [1]. Daſs bei diesen unerklärlichen Störungen weder der Stand des Beobachters noch örtliche Erwärmung irgend einen Einfluſs gehabt, daſs dieser während der Beobachtung sich alles Eisens immer entladen, auch das letztere überhaupt auf mehrere Fuſs von der Nadel entfernt und unverrückt geblieben sey, wird man wohl dem Beobachter aufs Wort glauben. Sollte etwa die Kraft der einzelnen Pole des Magnetstabes einem gewissen Wechsel unterworfen seyn? — Der Magnetstab selbst wurde nie berührt und selbst, als absichtlich der eine Pol mit der Hand erwärmt wurde, zeigte sich keine Aenderung.

Zur Abänderung des Versuchs wurde ein cylindrischer Magnetstab von 12 par. Zoll Länge und 2,3 Linien Dicke eingelegt, und in den Abständen von 14 und 16 Zoll die Winkel A untersucht. Die Resultate waren anfänglich um mehrere Grade kleiner als die Angabe der Rechnung; allein eine leichte Untersuchung an einer Boussole zeigte, daſs nicht die ganze Länge des Stabes in Rechnung gebracht werden dürfe, indem seine Pole auf nahe 1 Zoll vom Ende sich innerhalb des Stabes befanden. Wurde daher in den obigen Formeln $a = 5$, statt 6 gesetzt, so zeigten die Versuche folgende Uebereinstimmung:

---

1 Die auffallenden Fehler von $1^{\circ},8$ und $0^{\circ},9$, die sich bei den Stellungen von 70° und 80° und Distanzen von 10, 14, 16 und 20 Zoll ergeben, sind den Theilungsfehlern der allzukleinen Scheibe NS zuzuschreiben.

14 Zoll Abstand.

Winkel C.	0°	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
A berechnet	0°,0	8°,2	15°,6	23°,9	30°,7	38°,6	48°,6	59°,6	73°,7	90,0
A beobachtet	0,3	8, 8	16, 6	23,8	29, 9	38, 8	47, 7	58, 9	73, 7	90,0
Fehler d. Beob.	− 0,3	−0, 6	−1, 6	+0, 1	+ 0,8	−0, 2	+0,9	+0,7	0,0	0,0

16 Zoll Abstand.

A berechnet	0°,0	7,2	14,2	21,4	28,8	37,0	46,6	58,4	73,1	90,0
A beobachtet	0,4	7,6	14,8	21,5	28,6	36,2	45,7	57,3	71,6	90,0
Fehler d. Beob.	− 0,4	− 0,4	− 0,6	− 0,1	+ 0,2	+ 0,8	+ 1,1	+ 1,1	+ 1,5	0,0

Bei den Versuchen in 16 Zoll Abstand scheint ein Excentricitätſfehler obgewaltet zu haben. Auf jeden Fall aber bestätigt sich durch unsere Beobachtungen nicht nur die angewendete Formel, sondern auch die Richtigkeit der ihr zum Grunde liegenden Voraussetzungen, nämlich: erstens, daſs die Art der Vertheilung des Magnetismus im Stabe hier keinen fühlbaren Einfluſs habe, sondern man sich denselben als im

Pole selbst vereinigt denken könne, und zweitens, daſs auch hier das Gesetz der Wirkung im umgekehrten Verhältniſs der Quadrate der Entfernung stehe.

Denkt man sich mehrere solche kleine Nadeln in einer Horizontalebene dergestalt an einander gereiht, daſs jede folgende einen nur unmerklichen Winkel mit den vorhergehenden macht, so bilden sie die Tangenten derjenigen Curve, die man die *magnetische* nennt, und deren Eigenthümlichkeiten folgende sind:

1) *Jede Tangente der magnetischen Curve durchschneidet die verlängerte Axe der zugehörigen Magnete in einem Puncte, dessen Entfernung vom nächsten Pole des Magnetstabes zu der absoluten Länge desselben sich verhält wie die dritte Potenz des Abstandes des Tangentialpunctes von diesem Pole zur Differenz der dritten Potenzen seiner Abstände von beiden Polen.* Dieses erhellet aus obiger Formel, in welcher x diese Entfernung auf der Axe, m die Länge des Magnetstabes, n und s die Abstände des Tangentialpunctes vom Nord- und Südpole des Stabes bezeichnen; nämlich

$$x = \frac{s^3 m}{n^3 - s^3}; \text{ also } x : m = s^3 : n^3 - s^3.$$

2) *Die Sinus der Winkel, welche diese Tangente mit den Abstandslinien* n *und* s *bildet, verhalten sich zu einander wie die Quadrate dieser Abstände.* Oben hatten wir für das Verhältniſs der Kräfte R und r, welche die Richtung der Nadel bestimmen, oder der Wirkung der Pole des Stabes

$$R : r = \frac{\text{Sin. } \nu}{n^2} : \frac{\text{Sin. } \sigma}{s^2},$$ wo ν und σ die fraglichen Winkel bezeichnen; da nun $R = r$, so ist auch

$$\text{Sin. } \nu \,.\, s^2 = \text{Sin. } \sigma \,.\, n^2, \text{ oder}$$
$$\text{Sin. } \nu : \text{Sin. } \sigma = n^2 : s^2.$$

3) *In der magnetischen Curve ist die Differenz des Cosinus der Winkel, welche die Linien* n *und* s *mit der Magnetaxe bilden, eine constante Gröſse.*

Fig. 141. Es seyen A und a zwei Puncte der Curve, die einander sehr nahe liegen; man verlängere die von N und S gezogenen Radien, und beschreibe aus diesen Puncten die Bogen Ab und Ac, die sich mit jenen Verlängerungen in b und c schneiden; ziehe die senkrechte AB und setze

Digitized by Google

$AB = e$	$ANT = N$	$AN = n$
$Ab = b$	$AST = S$	$AS = s$
$Ac = c$	$Cos. N = f$	$NP = p$
$Aa = a$	$Cos. S = g$	$SQ = q$, so iſt

$dN = \frac{c}{n}$, und wegen der Aehnlichkeit der Dreiecke Aca und NPa, hat man

$$n:p = a:c, \text{ oder } c = a.\frac{p}{n},$$

$$n:e = dN:df,$$

$$df = e.\frac{dN}{n} = e.\frac{c}{n^2} = e.\frac{ap}{n^3}.$$

Auf gleiche Weiſe erhält man

$$dg = e.a.\frac{q}{s^3}; \text{ mithin}$$

$$df:dg = \frac{p}{n^3} : \frac{q}{s^3} = R:r.$$

Da aber $R = r$, ſo iſt auch $df = dg$, mithin $f = g + C$, oder $f - g = C.$, d. h. die Differenz der Coſinus der Winkel an den Polen N und S iſt eine beſtändige Gröſse.

Wird der Winkel AST gröſser als ein rechter, ſo wird ſein Coſinus negativ, und es iſt dann die Summe der Coſinus, die eine conſtante Gröſse bildet. Geht aber auch N in einen ſtumpfen Winkel über, ſo tritt wieder die *Differenz* der Coſinus ein.

Aus dieſer Eigenſchaft der magnetiſchen Curve ergiebt ſich auch eine einfache Methode zur Conſtruction derſelben. Man laſſe zwei Radien von gleicher Länge um die Puncte N und S dergeſtalt ſich fortbewegen, daſs ihre Enden n und s, oder n′ und s′ ſich ſtets in der nämlichen Verticallinie s n F und s′ n′ f auf die Axe NS befinden, ſo liegen die gegenſeitigen Durchſchnittspuncte A und a dieſer Radien in einer magnetiſchen Curve. Denn auf dieſe Weiſe treffen die Endpuncte des Coſinus von ANF und ASF, deren Differenz die Linie NS iſt, in einen Punct zuſammen. Das Nämliche findet für die Coſinus der Winkel aNf und aSf ſtatt, ſo daſs für alle ſolche Winkel die Diſtanz NS der beiden Pole als *conſtante Differenz* ihrer Coſinus erſcheint. Wird S ein ſtumpfer Winkel, ſo bildet NS die *Summe* der Coſinus NF und Sf.

Fig. 142.

Fig. 143.

Digitized by Google

Bringt man zwei gleichnamige Pole, z. B. die Nordpole zweier Magnete, nahe zusammen, so ändert sich zwar nicht die geometrische Beschaffenheit dieser Curven, sondern nur ihre Anordnung; sie werden in Folge der gegenseitigen Abtreibung *divergirend*, statt daſs sie im frühern Falle *convergi-*
Fig. *rend* waren. Der Winkel in S erhält hier eine umgekehrte
144. und Bedeutung, und der Punct, in welchem die Axe von der
145. Tangente geschnitten wird, findet sich *zwischen* den beiden Polen, nicht auſserhalb derselben. Die Constante ist alsdann $= f + g$, und nur, wenn einer der aus N oder N' gezogenen Abstände mit der Axe einen stumpfen Winkel bildet, ändert sich das Zeichen seines Cosinus. Daſs bei dieser theoretischen Betrachtung die Wirkung der beiden entferntern Südpole nicht in Rechnung gezogen werde, bedarf keiner Erinnerung. Auch ist es einleuchtend, daſs durch das Zusammenwirken mehrerer Pole mancherlei Modificationen der magnetischen Curve bewirkt werden können, deren Untersuchung mehr oder weniger verwickelt und nur dann der Mühe werth seyn dürfte, wenn sich daraus Anwendungen auf die Erscheinungen des Erdmagnetismus machen lieſsen.

Fig. Der oben mit T bezeichnete Punct, in welchem eine
138. Tangente mit der Axe sich durchschneidet, kann begreiflicher Weise mehreren zu *einem* Systeme oder *einem* Magnete gehörigen Curven gemeinsam seyn. In diesem Falle ist also das Verhältniſs der Länge des Magnets m und der Verlängerung seiner Axe x ein constantes, so daſs für die in T zusammentreffenden Tangenten aller dieser Curven $m + x : x$ unveränderlich ist. Dann aber liegen die zugehörigen Tangentialpuncte alle auf einem Kreise, dessen Radius $= \sqrt{x(m + x)}$ ist, wie dieses die Elementargeometrie in der Lehre von den *Polarlinien* und *Gegenpolen* beweist. Man erhält hierdurch ein leichtes Mittel, Tangenten an die magnetischen Curven zu ziehn, indem man auf der verlängerten Axe von m die Lage des Punctes T oder die Gröſse von x beliebig festsetzt und aus $\sqrt{x^2 \pm mx}$ den Radius des Kreises ableitet, der den geometrischen Ort der übrigen Tangentialpuncte ausmacht.

Die magnetische Curve läſst sich einfach auf folgende Weise construiren. Man theile den Zwischenraum der zwei Pole eines Magnets in eine gewisse Anzahl gleicher Theile, und trage eben diese noch zu beiden Seiten auf der Axe auf.

Digitized by Google

Sodann ziehe man aus den Polen N und S als Mittelpuncten zwei gleiche Kreise, so groſs, als der Raum es gestattet, und ziehe aus jedem Puncte der Axe senkrechte Ordinaten durch ihre Peripherien. Werden sodann aus jedem Centrum Radien auf diese Stellen der Peripherie gezogen, so geben die Durchschnitte der letztern die Puncte an, durch welche irgend eine der magnetischen Curven, die über NS sich construiren lassen, geht. Auf eben diese Weise lassen sich auch die divergirenden magnetischen Curven darstellen, wie dieses in der Zeichnung zu sehn ist. Fig. 146.

Noch bequemer geht die Zeichnung der convergirenden Curven durch eine Maschine von statten, die Dr. Roget auf den Satz Nr. 3. gegründet angegeben hat. An einem Lineal Fig. 147. Nn befindet sich eine verschiebliche Hülse, die vermittelst einer Klemmschraube an jeder Stelle desselben befestigt werden kann. Sie ist an der Kante des Lineals mit einem Loche versehn, durch welches sich ein Stift N auf dem mit Papier überzogenen Reiſsbrete in dem Puncte einstecken läſst, der einen Pol des Magnets vorstellen soll. Parallel diesem gegenüber befindet sich das Lineal AB, mit einer ähnlichen Hülse, durch welche ebenfalls ein Stift gesteckt wird, so daſs sich AB um A, sowie Nn um N als Centrum dreht. Die Enden B und n des Lineals sind durch die Schiene Bn verbunden, deren Scharniere um die Distanz AB aus einander stehn. Die Schiene Bn ist geschlitzt und nimmt einen Stift auf, der am Ende s des Stabes sS befestigt ist. Am andern Ende S ist gleichfalls eine Hülse mit einem Stift angeschraubt, welches letztere im Südpole des supponirten Magnetstabes befestigt ist. NS bildet also die Axe des Magnets, und AN ist auf diese rechtwinkelig, mithin befinden sich auch jederzeit die Puncte s und n in einer Linie, welche auf die Axe senkrecht ist. Der Zwischenstift liegt in M, da wo die Kanten der Stäbe Nn und Ss sich durchschneiden, und wird immer in diese Ecke eingedrückt. Es ist wesentlich, daſs die Distanzen Nn, Ss, AB genau gleich sind; von ihrer Länge hängt auch die Gröſse der magnetischen Figur ab.

Mit einem ähnlichen Instrumente lassen sich auch divergirende magnetische Curven beschreiben, und muſs da die Schiene Bn doppelt so lang seyn, und ebenso müssen auch die Drehungslineale Nn und Sn gehörig verlängert werden.

Digitized by Google

Es mag hier noch der Ort seyn, einer etwas paradoxen Erscheinung zu erwähnen, die sich dem Dr. Robison darbot, als er die zwei befreundeten Pole zweier kräftiger Magnetstäbe bis auf 3 Zoll einander näherte. Die Stäbe lagen in einer geraden Linie, und zwischen ihnen befand sich eine Fig. 148. kleine Magnetnadel auf ihrer Gnomonspitze in D. Wenn er diese auf einer Linie DF bewegte, die in gleicher Entfernung von den Magneten auf ihre Axe senkrecht war, so war ihre Richtung mit der Axe parallel und zwar, so, wie es die Gesetze der magnetischen Anziehung erforderten, nämlich ihr Südende dem nördlichen, ihr Nordende dem südlichen Pole der Stäbe zugekehrt; dieses blieb so bis zu einer gewissen Distanz DE, nur nahm, wie dieses die Schwingungen der Nadel verriethen, ihre Directivkraft merklich ab, bis sie in E völlig Null wurde, so daſs die Nadel gar keine Polarität mehr zeigte, und in jeder Richtung stehn blieb. Bei weiterm Hinausrücken schien sie wieder mehr Kraft zu gewinnen, nur hatte sie sich umgewendet, so daſs ihr Nordpol dem Nordpol des Magnets zugekehrt war und diese Richtungskraft schien bei F ihr Maximum erreicht zu haben. Robison, der bei diesem Versuche gestört wurde, giebt keine Maſse an, und hat ihn auch weiter nicht verificirt. Er glaubte die Erscheinung aus der Zusammenwirkung magnetischer Curven vom ersten und zweiten Range, wie er sie nannte, erklären zu können; allein jedem solchen Bemühen sollte billig eine sorgfältige Bestätigung des Versuches selbst vorangehn.

XII. Einfluſs der Wärme auf den Magnetismus.

Die Meinung der ältern Physiker, daſs die magnetische Kraft dem Magnetsteine und dem Eisen mechanisch oder auch chemisch beigemischt sey, muſste sie bald darauf leiten, diese Körper einem Untersuchungsmittel zu unterwerfen, das in der frühern Chemie eine Hauptrolle spielte; sie probirten ihr Verhalten im Feuer. Schon Gilbert[1], zu dessen Zeit die Magnetsteine noch ziemlich selten waren, stellte einen Versuch

1 Fiat examen in ignibus, immoderatis naturae tyrannis. L. III. c. 3.

mit einem Eisenstabe von etwa vier Zoll Länge und drei Linien Dicke an[1]. Er bestrich das eine Ende des Stabes mit dem Südpole eines Magnetsteins, und brachte dasselbe im Feuer nur eben zum Glühen. Als er den Stab nachher wieder an einem Stück Korkrinde auf Wasser schwimmen lieſs, schien er von der Polarität nicht merklich verloren zu haben. In der richtigen Vermuthung, daſs ein einseitiges Glühen da nicht genüge, weil „die magnetische Kraft durch den ganzen „Körper verbreitet sey," setzte er den ganzen Stab eine etwas längere Zeit einem starken Glühfeuer aus, und trug Sorge, daſs er (um die Mittheilung des Erdmagnetismus zu verhüten) während des Erkaltens in keiner bestimmten Lage blieb. An den Kork gesteckt zeigte er nun keine Polarität. Boyle, der das Nämliche mit natürlichen Magneten versuchte, fand eben dieses Resultat, und bemerkte, Porta's Behauptung entgegen, daſs die Magnetsteine beim Glühen niemals Schwefel entwickelten. Da übrigens die gröſsern Magnete nach der allgemeinen Erfahrung, wenn sie auch nach dem Glühen keine Eisenfeilspähne mehr anzogen, doch noch auf die Magnetnadel wirkten, so gerieth Musschenbroeck auf den Einfall, einen guten schwärzlichen Magnetstein zu zerstoſsen. Er fand gegen seine Erwartung das Pulver im höchsten Grade gleichförmig an magnetischer Kraft, und untersuchte noch vor dem Glühen die Distanz, in welcher es vom Magnet angezogen wurde. Es wurde nun in einem unverschlossenen Tiegel drei Stunden lang der vollen Glühhitze eines mit Holzkohlen gefüllten Windofens ausgesetzt, und fand sich nach dem Erkalten in Absicht auf die Farbe unverändert. Auf eine sechszöllige Compaſsnadel wirkte es wie vorher und wurde auch vom Magnete, zwar nicht augenblicklich, doch nach Verfluſs einer Secunde auf die nämliche Distanz und mit gleicher Stärke angezogen, wie vor dem Glühen[2]. Dennoch giebt auch Musschenbroeck zu, daſs das Feuer die magnetische Kraft in den Körpern gröſstentheils zerstöre, was bereits vor ihm durch die obgenannten Experimentatoren, durch Servington-

1 Longitudinis unius palmae, crassitudinis pennae anserinae scriptoriae. Ibid.

2 Musschenbroeck Exper. XXX. Vermuthlich war das Magnetpulver nicht so stark ins Glühen gekommen, wie die dem Feuer direct ausgesetzten Magnete.

Digitized by Google

Savery[1] und durch Lemery[2] auſser Zweifel geſetzt worden war. Der Letztere fand ſogar, daſs ein natürlicher Magnet nicht nur im Feuer, ſondern auch im Focus eines Brennſpiegels noch vor ſeiner Verglaſung ſeine Kraft verliere.

Der anſcheinende Widerſpruch löſt ſich von ſelbſt durch eine genauere Betrachtung des Verſuchs. Schon Gilbert bemerkt, daſs von einem tüchtig glühenden Eiſen (*bacillo ferri valide ignito*) die Magnetnadel nicht im Mindeſten afficirt werde, daſs aber die Anziehung ſogleich eintrete, ſobald es nur etwas vom Weiſsglühen (*de candore*) nachgelaſſen habe[3]. Lieutaud[4] beſtätigt dieſes unbedingt, und rühmt es als ein unfehlbares und ergötzliches Experiment. Ebenſo Brugmanns und Cavallo[5]. Gilbert und Brugmanns gehn ſo weit, Cardan's Behauptung wieder aufzunehmen, daſs im Glühen das Eiſen kein Eiſen ſei (*ferrum ignitum non esse ferrum*), ſondern in einem unnatürlichen Zuſtande ſich befinde. Musschenbroeck hingegen hatte ſeine Verſuche immer mit Eiſenſtangen gemacht, die bereits wieder erkaltet waren und den terreſtriſchen Magnetiſmus in ſich aufgenommen hatten. Er bemerkt auch, daſs Eiſenſtangen, die im Verhältniſs ihrer Dicke eine groſse Länge beſitzen, dieſen Einfluſs augenblicklich zeigen; da hingegen kurze und dicke Eiſenſtäbe dieſen Magnetiſmus nur langſam aufnehmen[6]. Dieſes zeigt ſich nach ihm auch beſonders bei der Abkühlung glühenden Eiſens, das, in verticaler Richtung im Waſſer abgelöſcht, oder in der Luft erkaltend unten immer nordpolariſch wird, da es hingegen unter beiden Umſtänden in der Richtung des magnetiſchen Aequators erkältet, keinerlei Polarität annimmt. Ein gewiſſer J. C. in den Philoſophical Tranſactions for 1694. hatte ſchon früher alle dieſe Verſuche vollſtändig durchgemacht. Nicht nur erkannte er den ſchon von Gilbert angeregten Einfluſs des Erdmagnetiſmus, ſondern er unterſchied auch die verän-

1 Philos. Trans. 1730. Nr. 414. p. 314.

2 Mém. de l'Acad. de Paris 1706. p. 131.

3 De Magnete. p. 69.

4 Vinc. Levtaudi Soc. Jes. Magnetologia. Lugd. 1668. 4. L. II. c. 4. p. 374.

5 Philos. Vers. über die magnetiſche Materie. Deutsch von Eschenbach. S. 18. Note. Cavallo Abhandl. v. Magnet. S. 191.

6 Diss. de Magnete p. 271.

derliche Polarität (des reinen Eisens) von der fixen (des Stahls), ohne jedoch die eigentliche Verschiedenheit dieser Materialien zu kennen. Vielmehr schrieb er das von einigen bemerkte Ausbleiben einer magnetischen Kraft nach dem Ablöschen des Eisens dem Umstande zu, daſs jene Beobachter allzu kurze Stangen angewendet hätten; es existire ein gewisses Verhältniſs der Dicke zur Länge, so daſs z. B. eine runde Stange von 1 Zoll Diameter bei 30 Zoll Länge durch das Glühen noch keinen fixen Magnetismus annehme, wohl aber, wenn sie entweder dünner oder länger gemacht werde. Eben dieses Argument braucht Musschenbroeck dreiſsig Jahre später, um Reaumur's Versuche zu erklären, nach welchen das Ablöschen eines glühenden Eisens keine Polarität zur Folge haben sollte [1]. Jener Ungenannte geht auch dem Reaumur in der Bemerkung voran, daſs Hämmern, Feilen, Bohren u. s. w., das Eisen magnetisch mache. In Betreff der Abkühlung des glühenden Eisens bemerkt er sorgfältig, daſs eine gewisse Neigung des Eisens nach Norden, und überhaupt die verticale Stellung ihm stärkern Magnetismus ertheile, als wenn es in horizontaler Lage in der Richtung des Meridians abgekühlt werde. Alle Punzen und Bohrer seyen an der Spitze nordpolarisch, weil dieses Ende beim Gebrauche und bei ihrer Härtung immer das untere sey. Feuer zerstöre alle feste Pole, seyen sie durch einen Magnet, oder sonst wie dem Eisen mitgetheilt; aber es vermehre oder vielmehr behindere weniger den Magnetismus, der von der Erde herkommt (*it increases, or rather less hinders that Magnetism, which proceeds from the Earth*), d. h. wenn ein Draht oder eine Eisenstange an einem Ende erhitzt wird, so erhält dieses einen veränderlichen Pol, aber die Wirkung ist im erhitzten Zustande kräftiger, als im kalten. Ueberhaupt zeigen sich die veränderlichen Pole wirksamer in groſsen, als in kleinen Stangen; anders jedoch verhalte es sich mit den fixirten Polen [2]."

Es ist für die Geschichte der Wissenschaften merkwürdig, daſs es beinahe anderthalb Jahrhunderte bedurfte, ehe durch Scoresby und später durch Barlow und Bonnycastle diese

1 Mém. de l'Acad. de Paris. 1723.

2 Philos. Trans. f. 1694. Nr. 214. und Lowthorp's Philos. Trans. abridged. T. II. p. 603.

Digitized by Google

längst vergessenen Thatsachen als eine neue Entdeckung wieder hervorgerufen wurden. Erst die im Jahre 1810 von dem Seefahrer Flinders angeregte Ablenkung der Magnetnadel durch das Eisen in den Schiffen führte vornehmlich die englischen Naturforscher auf die Untersuchung des wandernden Magnetismus in verticalen Eisenstäben zurück. Scoresby bestätigte die gröſsere Empfänglichkeit des warmen Eisens für den terrestrischen Magnetismus, und zeigte, daſs ein rothglühender Eisenstab von 6½ Zoll Länge und ¼ Zoll Dicke, in einem Abstande von 1½ Zoll, die Magnetnadel um 60° ablenkte, während er im kalten Zustande nur eine Declination von 27½° bewirkt hatte [1]. Sehr umständlich beschäftigte sich mit diesem Gegenstande der durch mehrere Entdeckungen im Gebiete des Magnetismus, so wie durch mathematische und optische Arbeiten berühmte Professor Barlow in Woolwich, indem er in Folge seiner Versuche über die Magnetisirbarkeit der verschiedenen Eisen- und Stahlsorten [2] von der Idee ausging, daſs die Leitungsfähigkeit des Eisens im Verhältniſs seiner Weichheit stehe, und daſs mithin im glühenden Zustande alle Sorten von Eisen die nämliche Ablenkung der Magnetnadel bewirken müssen. Er verschaffte sich zu dem Ende zwei Stäbe, den einen von geschmiedetem, den andern von Guſseisen, die 25 Zoll Länge und ¾ Zoll in Kanten hatten[3]. Diese wurden in der Richtung der magnetischen Neigung auf einem Gestelle befestigt, so daſs sie um ihre ganze Länge erhoben werden konnten, um successiv beide Enden einer 6 Zoll weit abstehenden Compaſsnadel horizontal gegenüber zu bringen. Es ergab sich Folgendes übereinstimmend aus mehrern Versuchen[4]:

Stange von Guſseisen.

	kalt	weiſsglühend	dunkelrothglühend (*blood-red*)
Ablenkung	21° 30′	0°	62°

1 Transact. of the Roy Soc. of Edinburgh. T. IX. p. 254.

2 S. oben III. Nr. 6. Verschiedenheit von Eisen und Stahl in Bezug auf den Magnetismus.

3 Essay on magnetic attraction. 2te Ed.

4 S. Barlow's Abh. über den Magnetismus in der Encyclop. Metropolitana. p. 757.

Digitized by Google

Stange von Schmiedeeisen.

	kalt		weiſsglühend	dunkelrothglühend
Abl.	Ende A 37° 0′	40° 0	0	55
	- B 43 0′			

Als die Stangen, obwohl in der Richtung der Neigung bleibend, nun 2 Zolle gehoben wurden, gingen die Ablenkungen beim Guſseisen auf 78° 30′ und beim Schmiedeeisen auf 70° 30′.

Hierbei ist zu bemerken, daſs die durch die Hitze erzeugte gröſsere Anziehung der Nadel mit der Erkältung keineswegs abfiel, in sofern nämlich die Stange ungestört an ihrem Platze blieb; sie erhielt sich einige Tage. Aber dann hatte die Stange zugleich einen festen Magnetismus angenommen, was sich daraus ergab, daſs sie beim Umwenden eine schwächere Ablenkung bewirkte, während im Experimente selbst, so lange noch einige Röthe am Eisen sichtbar war, beide Enden gleiche Stärke bewiesen. Wurde hingegen die Stange eine Zeitlang in horizontaler Lage behalten, oder mit anderm Eisen bei Seite gelegt, so trat wieder ihre gewöhnliche Anziehung ein.

Die Einwirkung des Eisens auf die Nadel zeigte sich, so wie das Hellrothglühen sich einstellte, und war nach ein bis zwei Minuten in ihrem Maximum. Auffallend ist immerhin, daſs Guſseisen, welches im kalten Zustande einen evident geringern Magnetismus annimmt, beim Glühen dem Schmiedeeisen hierin überlegen ist.

Versuche mit weichem Eisen und Stahl (*Shear Steel*).

Eisen.

kalt		weiſsglühend	rothglühend
Abl. v. A. 16° 30′	15′ 10′	0°	41° 11′
- - B. 13° 30′			

Stahl, weich.

Abl. A. 11° 30′	11° 0′	0°	48° 0′
- B. 10° 30′			

Stahl, hart.

Abl. A. 15° 30′	8° 0	0°	47° 30′.
- B. 0° 30′			

Auch hier bewährt sich offenbar die Richtigkeit der Vor-

Digitized by Google

aussetzung, daſs die Permeabilität des Eisens oder Stahls für den Magnetismus sich nach dem Grade ihrer Erweichung richte, daſs in der Weiſsglühhitze aller Magnetismus aufhöre und im Dunkelrothglühen sein Maximum erreiche.

Wir kommen nun zu einer Entdeckung Barlow's, die, wenn sie gegründet wäre, zu den merkwürdigsten Erscheinungen im Gebiete des Magnetismus gehören würde, deren wir jedoch nach unsrer Ansicht keine Erwähnung zu machen hätten, wenn nicht, wie oft geschieht, dem geistvollen Verfasser jenseits des Canals die diesseits vorgenommene Berichtigung derselben unbekannt geblieben wäre [1]. Sie betrifft die vermeintliche *Umwendung der Polarität* der Stange während ihres Uebergangs von der Weiſsglühhitze zum Rothglühen.

Barlow hatte seine in der Richtung der Neigungsnadel liegende Eisenstange um 4 Zoll höher gestellt. Die Nadel befand sich westwärts davon, etwa 4 Zoll tiefer, und da zeigte sie im angeführten Falle eine umgekehrte (negative) Abweichung von $4\frac{1}{2}°$. Man hob nun die Stange auf 6 Zoll und die anomale Wirkung ging auf $10\frac{1}{2}°$. So stand die Nadel zwei Minuten lang, kehrte dann aber plötzlich zu einer Abweichung von 81° nach dem gewöhnlichen Sinne zurück. Die paradoxe Kraft schien also mit der *Annäherung zur Mitte der Stange zuzunehmen*, und es fragte sich, ob unterhalb der Mitte die nämliche Umkehrung der gewöhnlichen Anziehung statt finden würde. Zur Entscheidung dieses Punctes wurde die Boussole so weit herabgesetzt, daſs sie 6 Zoll über dem untern Ende des Stabes sich befand, in welcher Lage er *kalt* eine Abweichung von 21° nach der gewöhnlichen Richtung zu erkennen gab. Nach seiner Erhitzung war, wie immer beim Weiſsglühen, aller Magnetismus des Stabes verschwunden, allein so wie die Wärme in Hellroth überging, erschien die umgekehrte Anziehung und ging bald auf $10\frac{1}{2}°$, wobei das Nordende der Nadel nach der Stange hin gezogen wurde. So blieb sie eine kurze Zeit, und ging dann stufenweise durch

1 Barlow giebt dieselbe in ziemlicher Ausdehnung in der im J. 1830. erschienenen Encyclopedia Metropolitana. Art. *Magnetism.* p. 758 und 759., s. auch Philos. Trans. f. 1821. p. 1.

Norden auf die entgegengesetzte Seite über, wo sie in 70° 30′ sich festsetzte.

Auſser zwei Stäben von Guſseisen und zwei von Schmiedeeisen von den obenbemerkten Dimensionen hatte der Verfasser sich noch zwei andere verschaſſt, die nie erhitzt wurden und als Standmaſse der kalten Anziehung dienen sollten, da diese Beständigkeit von den ausgeglühten Stangen nicht zu erwarten war.

Jeder Versuch erheischte etwa eine Viertelstunde; die Weiſsglühhitze hielt sich gemeiniglich etwa drei Minuten lang, dann begann die negative Anziehung und währte etwa zwei Minuten, worauf die regelmäſsige sich einstellte, was zuweilen sehr rasch, zuweilen ganz allmälig vor sich ging. In der Regel hatte in der angegebenen Zeit die Nadel ihren bleibenden Stand erreicht.

Barlow führt in seiner Abhandlung 38 vollständige Experimente an, in welchen die Nummer und Art der Stange, die Höhe ihres Mittelpuncts gegen die Ebene der Boussole, der Abstand der letztern, ihr Azimuth von der Stange aus gerechnet, sodann die Anziehung im kalten Zustande, in der Weiſsglühhitze, im hellrothen und blutrothen Glühen nach Graden und Richtung bemerkt ist. Für die letztere wird die gewöhnliche Abweichung durch +, die anomale durch — bezeichnet. Wir entheben derselben folgende Beobachtungen mit der geschmiedeten Stange Nr. 2.

Digitized by Google

Versuch	Mitte der Stange über oder unter d. Nadel	Abstand d. Stange von der Nadel	Lage der Boussole	Abweichung kalt	Abweichung weiſs-glühend	Abweichung hellroth	Abweichung blutroth	Bemerkungen.
Nr.	Zolle	Zolle						
2	4,5 unt.	6,0	S 80° W	+ 30° 0′	0 0′	0° 0′	+ 45° 0′	
11	12,5 unt.	8,5	N 80 W	+ 29 30	0 0	0 0	+ 37 30	An zwei Compassen beobacht.
15	9,0 unt.	8,5	N 80 W	+ 28 30	0 0	— 1 0	+ 39 30	do.
19	6,0 unt.	8,5	N 80 W	+ 25 0	0 0	— 3 0	+ 32 30	do.
23	3,0 unt.	6,0	S 80 E	+ 8 0	0 0	— 21 30	Nicht beob.	
26	1,0 über	5,3	N 60 W	+ 2 0	0 0	— 4 30	+ 5 30	Stufenweise Anziehung.
28	9,0 über	6,0	N 85 E	+ 47 30	0 0	— 2 30	+ 60 0	Ebenso
30	1,0 über	5,5	N 45 W	Nicht beob.	0 0	— 55 0	+ 5 45	d. magnet. Anz. plötzlich.

Bei allen diesen Versuchen hatten die Stäbe die Lage der Neigungsnadel, und in der Regel war die negative Anziehung da am gröſsten, wo die positive am kleinsten war, nämlich gegen die Mitte der Stange. Noch wurden einige Versuche mit Stangen in einer Lage angestellt, die mit der angegebenen einen rechten Winkel bildete, allein mit viel schwächerer Wirkung, so daſs die negative Anziehung nicht über 2°,5 ging. Ein Versuch mit einer 24pfünder Kugel fiel wegen der groſsen Hitze etwas ungenau aus. Die Angaben waren

Kalte Anziehung	+ 13° 30′;	Weiſsglühhitze	0° 0′
Rothglühen	— 3 30;	Dunkelrothglühen	+ 19 20.

Um den Verdacht, daſs vielleicht die Ursache der negativen Anziehung in der Hitze selbst liege, zu berichtigen, verschaffte man sich zwei Kupferstangen von nahe denselben Dimensionen. Sie wurden so stark erhitzt, als das Metall ertragen konnte, zeigten aber durchaus keine Wirkung auf die Nadel.

So weit die Versuche von Barlow. Leider fehlen die nähern Angaben über die Art, wie die glühende Eisenstange festgehalten worden sey. Vermuthlich war sie auf dem verschieblichen Gestelle auf das untere Ende gestützt und mit dem obern in der Neigung von 70° angelehnt. Diese Annahme gewinnt durch die Bemerkung Barlow's, daſs die Stange an ihren Enden schneller, als gegen die Mitte erkaltet sey, und dadurch jene Anomalien bewirkt haben möchte, einige Wahrscheinlichkeit. Barlow selbst findet jedoch auch diesen Erklärungsgrund ungenügend, und fordert mit lobenswürdiger Wahrheitsliebe auch andere zur Fortsetzung dieser Untersuchungen auf.

Dieser Aufforderung entsprach im J. 1827 ein Naturforscher, dessen Name durch die bedeutendsten Entdeckungen an die neue Epoche des Magnetismus geknüpft ist, Dr. T. J. Seebeck in Berlin. Mit einem etwas kleinen Apparate machte er jene Versuche durch und überzeugte sich, daſs jene anomalen Polaritäten eine Folge örtlicher Erkältungen der Stange seyen, wobei durch die isolirende Kraft der Weiſsglühhitze partielle Systeme des terrestrischen Magnetismus in der Stange sich bilden, so daſs selbst in ihrer untern Hälfte die höhern Stellen, der gewöhnlichen Regel entgegen, Südpolarität ent-

Digitized by Google

wickeln und über der Mitte eine nördliche statt finden kann. Die von ihm erhaltenen Resultate bestehen in Folgendem[1]:

Eine Stange von Stabeisen, 1 Fuſs rheinl. lang und $\frac{3}{4}$ Zoll ins Gevierte dick, wurde vor einem Gebläse möglichst gleichförmig erhitzt. Gleich nachdem die Stange aus dem Feuer kam, zeigte sie der ganzen Länge nach nicht die mindeste Wirkung auf die Magnetnadel, welcher sie (in der Mitte mit einer kalten eisernen Schmiedezange gehalten) in verticaler Stellung bis auf 4 Zoll genähert wurde. Bald aber traten ober- und unterhalb der Mitte der Stange, ganz nahe bei der Zange, zwei schwache magnetische Pole hervor, unten ein Nordpol, oben ein Südpol, wie sich aus der Wirkung dieser Puncte auf die Magnetnadel ergab, als sie sich mit der Nadel in derselben Horizontalebene befanden. Die Stange war, als diese Pole hervortraten, nach den Enden hin noch hellroth glühend, und die Enden selbst verhielten sich noch indifferent gegen die Magnetnadel. Die Pole oberhalb und unterhalb der Mitte der Stange nahmen bei fortschreitender Abkühlung an Stärke zu und breiteten sich, der Nordpol nach dem untern Ende, der Südpol nach dem obern Ende der Stange hin, immer mehr aus. Diese Pole waren, als die Enden der Stange roth glühten und noch nicht auf die Magnetnadel wirkten,
Fig. 149. in c und d, ungefähr $1\frac{1}{2}$ Zoll von der Mitte m der Stange, am stärksten. Die magnetische Polarisation der Stange schritt bei zunehmender Abkühlung derselben immer weiter gegen die Enden a und b hin fort, wurde hierauf in f und g am stärksten, in c und d aber schwächer als zuvor, und als die Stange dunkelroth, doch noch im Tageslichte sichtbar glühte, an den Enden a und b am stärksten gefunden. Die ganze untere Hälfte der Stange hatte nun Nordpolarität und die obere Südpolarität, beide stetig abnehmend gegen die Mitte hin und in m, oder doch in dessen Nähe, befand sich der Nullpunct, wo er auch vor dem Glühen der Stange gefunden worden war.

Bei diesen mit derselben Stange mehrmals wiederholten, auch mit zwei andern Stangen veranstalteten Versuchen, wurde die eiserne Zange, die in einem messingenen Haken ruhte,

---

1 Abh. der physic. Classe d. Akad. d. W. in Berlin. J. 1827. S. 129 und Pogg. Ann. X. S. 47.

Digitized by Google

immer horizontal und im magnetischen Aequator gehalten. Auch eine Stange von $26\frac{1}{4}$ Zoll Länge und 1 Z. Dicke, welche in der Mitte mit einer starken und kalten Zange von Kupfer gehalten wurde, gab die nämlichen Resultate. Im Weiſsglühen war sie indifferent und erst beim Rothglühen erschien in c über der Zange ein Südpol und unter ihr ein Nordpol. Beide Pole rückten sodann allmälig mit zunehmender Intensität den Enden a und b zu; beim Dunkelrothglühen (doch im Tageslichte noch erkennbar) war diese im Maximum. Der ganze Verlauf war bei dieser Stange etwas langsamer, als bei den kleinern Stäben.

Mit den letztern wurde nun noch der Versuch dahin abgeändert, daſs sie nicht in der Mitte, sondern an den Enden gehalten wurden. Als die 12 Zoll lange Stange an ihrem obern Ende in eine kalte Schmiedezange eingeklemmt wurde, trat bei der Abkühlung zuerst ein schwacher Nordpol dicht unter der Zange hervor. Bald dehnte er sich weiter aus, war in c ($1\frac{1}{2}$ Z. vom Ende a) am stärksten, nahm von dort an, Fig. 150. gegen die Mitte der Stange ab, war in f (4 bis $4\frac{1}{2}$ Zoll über b) und in dem ganzen übrigen Raume bis b = Null. Unterdeſs rückte das Maximum der Nordpolarität von c nach d ($3\frac{1}{2}$ Z. von a) hinunter, doch zeigte das untere Ende b noch keine Polarität. Jetzt aber erschien oben bei a ein entschiedener Südpol, und beim Dunkelrothglühen der Stange hatte auch b seinen Nordpol erhalten, wobei jedoch der magnetische Mittelpunct 2 Zoll über die Mitte der Stange zu stehn kam. Als der Versuch auf gleiche Weise mit einer kupfernen Zange wiederholt wurde, zeigten sich die gleichen Erscheinungen, nur erschien oben der Südpol in a gleichzeitig mit dem Nordpol in c.

Die Stange wurde hierauf glühend an beiden Enden zwischen zwei kalten Schmiedezangen gefaſst. Es erschien gleichzeitig unterhalb der obern Zange ein Nordpol und oberhalb der untern ein Südpol, während die Mitte der Stange noch unwirksam blieb. Beide rückten gegen die Mitte, bald aber waren sie verschwunden und die gewöhnliche Polarität hatte sich eingestellt.

Der nämliche Versuch wurde mit einer gröſsern Stange, Fig. 151. von 18 Zoll Länge und $\frac{7}{8}$ Zoll Dicke wiederholt. Sie wurde zwischen zwei starken Schmiedezangen oben und unten ge-

Digitized by Google

halten. Obwohl die umgebende Temperatur — 2° R. betrug, so blieb die Stange dennoch wohl über eine Minute lang auf eine 3 bis 4 Zoll entfernte Magnetnadel ohne Wirkung. Dann traten über und unter den Zangen vier Pole hervor, in a und d Südpole, in c und b Nordpole. Sie nahmen an Stärke fortwährend zu, die beiden innern Pole c und d rückten beide immer mehr der Mitte m zu, wo sie zuletzt noch durch einen isolirenden Raum getrennt waren, der nur eine Scheidungslinie bildete, über welcher nördliche und unter welcher südliche Polarität sich befand. Im Augenblick waren auch diese verschwunden, und die Polarität der Stange der Regel gemäſs angeordnet, so daſs auch der Indifferenzpunct genau in der Mitte lag. Die Enden bewirkten auf 3 Zoll Distanz eine Abweichung von 50°, und selbst bei den innern Polen, als der Nordpol c sich nur 1 Zoll über m befand, ging sie bis auf 45°. Der Grund dieser Verstärkung ist wohl darin zu suchen, daſs in einer längern Eisenstange die Polaritäten stärker hervortreten, als in einer kürzern, mithin auch die innern Pole ihrem Maximum am nächsten sind, wenn sie bei der Mitte m am Ende einer halben Stangenlänge sich befinden.

Durch diese Versuche wird das Paradoxe von Barlow's Entdeckung vollständig erklärt. Die beiden innern Pole sind seine *negativen* und mit ihrer Entfernung von den Enden nimmt auch die Stangenlänge eines jeden, mithin auch ihre Kraft zu. Durch die gröſsere Wärme in der Mitte der Stange bleiben sie so lange getrennt und isolirt, bis mit dem Verschwinden des Hellrothglühens auch diese Scheidewand aufhört, und durch ihr Zusammenströmen eine plötzliche Neutralisirung eintritt.

Um endlich den Verdacht eines störenden Einflusses der Zangen ganz zu beseitigen, wurde eine 16 Zoll lange Stange in der Mitte mit starkem Eisendraht umwunden, dessen hervorstehendes Ende von einer kupfernen Zange gefaſst wurde. Nach einer Minute, als das Weiſsglühen vorbei war, zeigte
Fig. 149. sich $1\frac{1}{2}$ Z. unter m bei d ein Südpol, und ganz unten bei b ein Nordpol. Ebenso in der obern Hälfte der Stange $1\frac{1}{2}$ Z. über m bei c ein Nordpol, oben bei a ein Südpol. Der Raum zwischen c und d, welcher noch hell glühte, hatte keine Wirkung auf die Magnetnadel. Doch auch die übrigen Theile

Digitized by Google

der Stange von a bis c und von d bis b waren noch rothglühend, als die vier Pole in a, c, d und b erschienen. Als aber die Stange dunkelroth geworden war, waren die innern Pole c und d verschwunden und nur die Pole in a und b übrig geblieben, welche die Nadel um 45° ablenkten, der Indifferenzpunct lag in m, vor dem Glühen hatte die Ablenkung nur 22° betragen. Hatte man in den letztern Versuchen die Mitte der Stangen vorzüglich erhitzt, so wurde nun Sorge getragen, die Enden heiſser als die Mitte zu machen. Als die Stange aus dem Feuer kam, wirkte kein Theil derselben auf die Magnetnadel. Nach einiger Zeit trat in m, da wo die Stange mit Draht umwunden war, ein schwacher Nordpol hervor, der sich niederwärts bei d ($1\frac{1}{4}$ Z. unter m) ausbreitete; ebenso hart über dem Drahte bei m ein Südpol, der bis c hinanstieg. Noch waren die Enden der Stange unpolar; doch in kurzer Zeit hatte sich die Nordpolarisation von d bis b gesenkt und die südliche von c bis a erhoben, und dieses noch früher als die Stange dunkelroth glühte. Die ganze obere Hälfte derselben hatte ihren südlichen und die untere ihren nördlichen Magnetismus erhalten, und zwar war dieser in der ganzen Ausdehnung gleich stark, und erst bei vollständiger Abkühlung fand er sich in den Enden der Stange concentrirt.

Noch wurde der Einfluſs untersucht, den die Wärme auf den in einer Eisenstange *durch Vertheilung* erregten Magnetismus ausübte. Die 26 Zoll lange Eisenstange E wurde zwischen die Boussole C und den Magnetstab M in horizontaler Lage und in der Richtung des magnetischen Aequators gelegt, so daſs das Nordende n des Magnetstabes $31\frac{1}{4}$ Zoll von C abstand. Ohne die Eisenstange vermochte der Magnet nur eine östliche Ablenkung der Nordspitze der Nadel von 17° zu bewirken; hingegen mit der kalten Stange E, als ihr Ende a von C nur 3 Zoll entfernt war, stieg diese auf 64°. Als die Stange nun glühend, auf ein Paar Kupferstäben ruhend, in eben diese Lage gebracht wurde, blieb, so lange sie weiſsglühend war, die Abweichung auf 17°, gleich als ob kein Eisen zwischen dem Magnetstabe und der Nadel sich befände. Erst als sie die *dunkelrothe* Farbe angenommen hatte, bewegte sich die Nadel langsam und stetig nach Osten bis auf 77°, und blieb nach dem völligen Erkalten bei 75° stehn. Fig. 152.

Digitized by Google

Ein zweiter Versuch mit einer Stange von 18 Zoll, un-
Fig. 153. ter welcher auſser der Nadel in C zwei andere in D und I angebracht waren, zeigte, daſs (vielleicht in Folge der kalte kupfernen Unterlagen) mehrere consecutive Pole in der Eisenstange gebildet wurden, wobei jedoch nach dem Erkalten di Richtungen der Nadel so ziemlich mit denjenigen übereinstimmten, welche vor dem Glühen statt gefunden hatten.

Daſs die *Weiſsglühhitze* auch in *Magnetstäben* vollkommen isolirend wirke, ergab sich aus folgendem Versuche. Ei runder Magnetstab von 1 Fuſs Länge und 2 Lin. Durchmesser wurde durch das Feuer einer Glasbläserlampe mit Weingeistflamme in der Mitte glühend gemacht. Es erschienen sogleich neue und starkwirkende Pole über und unter der glühenden Stelle, welche die entgegengesetzten waren von denen, die am zunächst gegenüberstehenden Ende sich befanden. Der Stab war also ein *Doppelmagnet* geworden. Allein sobald seine Mitte dunkelroth glühte, verschwand jene Trennung, und er war wieder ein einfacher Magnet wie zuvor.

Seebeck fand ferner die schon von den ältern Naturforschern gemachten Erfahrungen über den Einfluſs der Wärme auf die magnetische Mittheilung durch seine Versuche bestätigt. Die Eisenstäbe waren *nach dem Glühen* empfänglicher für den terrestrischen Magnetismus, als vor demselben. So wurde die anziehende Kraft eines kalten Stabes auf die Magnetnadel durch das Glühen von 13° bis auf 42° gesteigert. Kalte Eisenstangen erhalten, wenn sie auch mehrere Tage vertical gestellt werden, nie die Stärke des Magnetismus und auch nie feste Pole, wie die glühenden und in dieser Stellung erkaltenden Stangen in sehr kurzer Zeit gewinnen.

Durch Seebeck's Untersuchungen ist nun das Seltsame iner Umkehrung der Polaritäten in dem kurzen Intervall der Hellrothglühhitze beseitigt und die ganze Erscheinung auf die gewöhnliche Zerlegung der Polaritäten durch den Magnetismus der Erde zurückgeführt, und wir sind namentlich auch der schwierigen Aufgabe überhoben, zu erklären, wie eine Gröſse gerade im Puncte ihres Maximums auf ihre Entgegensetzung übergehn könne.

Ein Paar spätere Beobachtungen von W. Ritchie[1] be-

1 Pogg. A. XIV. 150.

Digitized by Google

stätigen ebenfalls die Aufhebung alles Magnetismus durch die Weiſsglühhitze, und seine vermehrte Fortleitung im Zustande des Rothglühens. Sie erhalten noch ein besonderes Interesse durch parallele Beobachtungen über die Leitungsfähigkeit des weiſsglühenden Eisens für die Elektricität, indem sie zeigen, daſs zwar zwischen dem Leitungsvermögen des kalten und des weiſsglühenden Eisens kein Unterschied sey, daſs aber bei Elektricitäten von mäſsiger Spannung das weiſsglühende Eisen dem elektrischen Conductor sein Fluidum wie die Spitzen durch bloſses Einsaugen entziehe, während das kalte durch überschlagende Funken sich desselben bemächtigt.

Ueber das Verhalten des *Stahls* in hohen Temperaturen hat einzig Coulomb Versuche angestellt, und auch diese wären für die Wissenschaft verloren gegangen, hätte nicht Biot sie aus seinem handschriftlichen Nachlasse ans Licht gezogen. Sie beweisen die Abnahme der magnetischen Kraft im Stahl durch die Zunahme der Temperatur, und zeichnen sich besonders auch durch eine, bei der Mangelhaftigkeit unserer pyrometrischen Mittel sehr willkommene, genäherte Bestimmung der höhern Wärmegrade aus. Coulomb wählte zu seinen Versuchen einen Stab von 6 Zollen Länge, 6½ Lin. Breite und 2,2 Lin. Dicke; der Stahl war von einer Sorte, die mit sieben Sternen bezeichnet war. Die hohen Temperaturen bestimmte er auf calorimetrischem Wege durch Ablöschen des Stahls in Wasser von 12° R. Der Stab wurde erst ausgeglüht, langsam abgekühlt und hierauf bis zur Sättigung magnetisirt. So vollendete er bei 12° R. 10 Schwingungen in 93 Secunden. Sodann wurde er jedesmal bis auf eine gewisse Temperatur erhitzt, in Wasser von 12° R. getaucht und nach dem Erkalten, ohne magnetisirt zu werden, auf die Zahl seiner Schwingungzeit geprüft. Es ergab sich Folgendes:

Temp. nach Reaum.	Dauer von 10 Schwingungen.	Verhältniſs der Kräfte.
12°	93″	1,0000
40	97,5	0,9098
80	104	0,7845
211	147	0,4002
340	215	0,1880
510	290	0,1028
680	sehr groſs.	

Bemerkenswerth ist hierbei, daſs der Stahl beim Ein-

tauchen in das Wasser von 12° R. keine Härtung annahm, so lange die Hitze unter 700° R. blieb. Er lieſs sich feilen und biegen, wie wenn er ganz angelassen worden wäre. Erst gegen 750° nahm er an den Kanten etwas Härtung an. Coulomb bemerkt jedoch die Farbe nicht, die er in den verschiedenen Graden der Erhitzung hatte. Wurde der Stab nach einer Erhitzung unter 700° R. in 12° R. abgelöscht und dann wieder magnetisirt, so kam er jedesmal auf 93″ für 10 Schwingungen; ebenfalls ein Beweis, daſs die Anordnung seiner Molecülen keine Aenderung erlitten hatte. Umgekehrt verstärkte sich sein Magnetismus, wenn er bei höheren Temperaturen abgekühlt und dann magnetisirt wurde. Er kam

bei	780° R.	auf	78″	daraus Kraftzunahme	1,4216
-	860 -	-	64	- -	2,1057
-	950 -	-	63	- -	2,1791.

Bei noch gröſserer Erhitzung nahm der Magnetismus nicht mehr zu. Wurde umgekehrt der Stab nach der vollkommenen Härtung magnetisirt, und dann in verschiedenen Wärmegraden angelassen, wobei man ihn jedesmal wieder ganz erkalten lieſs, so zeigte er folgende Schwingungszeiten

Wärme	Zeit v. 10 Schw.	Schwächung.
12° R.	- - 63 -	1,0000
80 .	- - 66 -	0,9324
214 (blau)	- - 80 -	0,6202
410 (wasserblau)	- - 170 -	0,1373.

Vergleicht man die Abnahme der magnetischen Kraft mit den Resultaten des ersten Versuchs, so zeigt sich, daſs der *harte Stahl durch die nämliche Erwärmung viel weniger von seiner Kraft verliert als der weiche.* Auch darin unterscheidet er sich vom weichen Stahl, daſs er nach einer solchen Erwärmung durch frisches Magnetisiren *nie wieder* auf den ersten Grad der Stärke zu bringen war, da hingegen der weiche Stahl jedesmal auf die ursprüngliche Schwingungszeit von 93″ gebracht wurde. Dieses ergiebt sich aus folgenden Zahlen:

Wärme	Zeit v. 10 Schw. nach neuem Magnetisiren.
12° R.	- - 63″
214 -	- - 64,5
410 Wasserfarbe	- - 70
900 Hellkirschroth	- - 93.

Digitized by Google

Bei allen diesen Versuchen betrug die Länge des Stabes etwa das 30fache seiner Dicke, und für Stäbe von diesem Dimensionsverhältnisse oder auch noch kürzere gelten immerhin die gefundenen Resultate. Anders verhält es sich mit längern oder dünnern Stäben. Bei diesen findet die gröſste Empfänglichkeit nicht im Zustande der gröſsten Härtung, sondern bei einer Anlassung von etwa 500° R. statt, ohne Zweifel deswegen, weil in so langen Stäben sich mehrere Pole bilden, die dann erst bei zunehmender Permeabilität des Stabes durch das Anlassen zusammenflieſsen und in die beiden Hälften des Stabes sich theilen.

Bisher haben wir nur die Wirkung auffallender Wärmegrade auf den Magnetismus betrachtet; wir kommen jetzt zu den feinern Einflüssen der Wärme auf den Magnet, die zu jenen in einem scheinbaren Gegensatze stehn. Wenn nämlich dort durch die Rothglühhitze die magnetische Kraft des *Eisens* begünstigt wurde, so finden wir hingegen hier die Wirkung der *Magnete* durch die Zunahme der Wärme in bestimmtem Maſse vermindert. Beides stimmt jedoch mit der früher aufgenommenen Vorstellung überein, daſs die Fähigkeit des Eisens, einen fremden Magnetismus in sich aufzunehmen, durch seine Weichheit, hingegen das Vermögen, ihn festzuhalten, durch seine Härte begünstigt werde. Daher sind Stahl, Schmiedeeisen und Guſseisen in der ersten Beziehung einander gleich, sobald sie im Zustande des Glühens sich befinden, ja das letztere Material gestattet alsdann dem Erdmagnetismus noch ein besseres Eindringen; umgekehrt wird durch die Wärme, deren Wirkung zunächst auf Ausdehnung des Körpers, Erweiterung seiner Poren, Schwächung seines Zusammenhangs, Erweichung hingeht, die sogenannte Coërcitivkraft (*vis retentionis*) des Magnets vermindert und er mithin genöthigt, einen Theil seiner magnetischen Kraft fahren zu lassen. Nicht nur wird also, wie dieses bereits die Versuche der ältern Naturforscher lehren, ein Magnet durch das Ausglühen seiner Fähigkeit beraubt, sondern auch eine geringe Erwärmung vermindert seine Anziehungs- und Abstoſsungskräfte.

Der erste, der dieses durch bestimmte Versuche darthat, war Canton[1], als er im Jahre 1759 die von Graham im J.

---

1 Philos. Trans. f. 1759. Vol. LI. pt. I. p. 398.

1722 und 1723 angestellten Beobachtungen über die tägliche Variation der Magnetnadel einer nähern Untersuchung unterwarf. Er unterschied bald jene Aenderungen in regelmäſsige und unregelmäſsige und bemühte sich, die erstern von der Erwärmung der Erde durch die Sonne auf der Ost- oder Westseite des Meridians, die andern vom Einflusse der Nordlichter abzuleiten, beide aber auf die gleiche Grundursache zurückzuführen. Seine Versuche sind folgende. Er legte im Nordosten einer Boussole von 3 Zoll Durchmesser einen kleinen Magnet in derjenigen Entfernung hin, daſs er eine Ablenkung von 45° bewirkte. Auf dem Magnete stand ein hohles Messinggewicht von 16 Unzen. Dieses wurde mit 2 Unzen heiſsen Wassers gefüllt und theilte allmälig dem Magnete eine geringe Erwärmung mit, in Folge welcher die Nadel nach etwa 8 Minuten auf 44°,25 zurückging. Entscheidender war der zweite Versuch, als er noch einen zweiten Magnet gleicher Gröſse im Nordwesten der Nadel so anbrachte, daſs er sie für sich allein um 45° ablenkte. Durch die vereinte Wirkung beider Magnete blieb nun die Nadel im Meridiane. Siedendes Wasser in das östliche Gefäſs, welches den Magnet beschwerte, gegossen lieſs die Nadel nach 7 Minuten um 2°,75 nach Westen gehn, und als Canton auch das westliche Gefäſs füllte, bewegte sich die Nadel in der ersten Minute wieder um 1½ Grade dem Meridiane zu und war in 7 Minuten schon um ½ Grad ostwärts. Mit dem Erkalten beider Magnete kehrte sie wieder in den Meridian zurück.

Im Jahre 1767 hatte Saussure vor seiner ersten Besteigung des Montblanc sich mit einem Apparate versehn, der dazu dienen sollte, die Intensität der magnetischen Anziehung in verschiedenen Höhen zu prüfen. Da die Resultate zu wenig Uebereinstimmung zeigten, so fand er sich erst mehrere Jahre später veranlaſst, sich zu diesem Zweck ein besseres Werkzeug zu verschaffen, das er im Jahre 1779 unter dem Namen *Magnetometer* beschrieben[1] und im Jahre 1788 bei seinem Aufenthalte auf dem Col du Géant in Anwendung gebracht hat[2]. Es war ein solides Pendel, an dessen unterem Ende sich eine Eisenkugel befand, die von einem Magnete in

1 Voy. dans les Alpes. T. I. p. 378.
2 Eb. T. IV. p. 313.

Digitized by Google

bestimmten Entfernungen angezogen wurde, wodurch das Pendel aus seiner verticalen Lage kam. Es zeigte sich als ein sehr empfindliches Instrument, bei welchem besonders der schwächende Einfluſs der Wärme auf die magnetische Anziehung so unbezweifelt hervortrat, daſs eine Temperaturveränderung von ¼ Grad Reaum. daran zu erkennen war. Eigentliche physikalische Untersuchungen über den Magnetismus scheint er damit nicht angestellt zu haben.

Canton's Versuche wurden im J. 1803 durch den gelehrten und scharfsinnigen Hällström[1] wiederholt und bestätigt. Dem Nordpole einer frei aufgehängten Nadel gegenüber auf der Ostseite derselben wurde in einem Abstande von 2 Fuſs der Nordpol eines Magnets hingelegt, so daſs die Nadel etwas nach Westen *abgestoſsen* wurde. Die umgebende Temperatur war + 20° C. Nun wurde der Magnet durch aufgegossenes heiſses Wasser bis + 80° C. erwärmt, wodurch die Abtreibung der Magnetnadel sich um 2′ 46″ verringerte. Nachher wurde er durch hinzugelegten Schnee bis auf 0° erkältet, was die Nadel um 3′ 42″ zurückgehn machte. Beides giebt 2″,77 Aenderung für 1° C. Das nämliche Verfahren wurde wiederholt, als der Südpol des Magnets auf der Westseite dem Nordpole der Nadel auf 1½ Fuſs Distanz zugewendet war, wobei also *Anziehung* der Nadel statt fand. Der Abweichungswinkel wurde hierdurch für 80° C. um 5′46″ vermindert, was für 1° C. 4″,3 giebt. (Nach den Quadraten der Abstände wäre die Aenderung = 4″,9 geworden, insofern beide Pole gleiche Kraft hatten.) Endlich wurde noch im Abstande von 0,9 Fuſs die Aenderung der Nadel für ein Wärmeintervall von 70° C. = 12′ 0″,9 gefunden, was 10″,3 für 1° C. ausmacht. Die Nadel befand sich in einer gläsernen Kapsel und die Versuche wurden in wenigen Minuten abgethan, so daſs die Nadel selbst weder von einem Temperaturwechsel noch von ihrer eigenthümlichen Bewegung irgend eine Veränderung erleiden konnte. Beides, Anziehung und Abſtoſsung, wird also durch die Wärme vermindert, durch die Kälte vermehrt.

Fast um die gleiche Zeit (im J. 1825.) machten drei verschiedene Beobachter, Christie, Hansteen und Kupffer,

1 G. XIX. 282.

neue Versuche über den Einfluſs der Wärme bekannt. Der erstere untersuchte [1] vermittelst einer Torsionswaage, deren messingener Drehungsfaden $\frac{1}{150}$ Zoll Durchm. hatte, die Ablenkung, welche ein starker Magnet, der in verschiedene Temperaturen von — 15,5° R. bis zu + 42° R. gebracht wurde, auf die Nadel ausübte. Es ergab sich im Allgemeinen, daſs die Intensität mit der Kälte sich vermehrte, mit der Wärme abnahm. Doch zeigte sich zwischen den beiderseitigen Veränderungen kein constantes Verhältniſs. Von 21° R. schien die Intensität in stärkerem Maſse abzunehmen und bei einer Temperatur über 30° R. wurde ein Theil der Kraft bleibend zerstört. Die Wirkung der Wärme ist augenblicklich, woraus Christie den Schluſs macht, daſs die magnetische Kraft sich nur an der Oberfläche oder sehr nahe darunter aufhalte.

Hansteen's [2] Untersuchungen hatten, wie die obenerwähnten von Coulomb, mehr zum Zweck, den Grad der Härtung auszumitteln, welcher der Empfänglichkeit des Magnetismus und seiner Festhaltung am günstigsten ist. Zwei vollkommen gleiche Cylinder von englischem Guſsstahl von 43 Lin. Länge bei 1,1 Lin. Dicke wurden gehärtet und der eine zur strohgelben Farbe angelassen. Beide wurden durch 20 Doppelstriche magnetisirt. Am 1. Mai 1821 machte der harte Cylinder 100 Schwingungen in 340″,15, der angelaufene in 288″,8; diese Zeiten nahmen zu bis zum 30. October, wo der erstere 345″,36, der letztere 288″,09 gebrauchte. Der angelaufene Cylinder hatte (vielleicht weil die Magnetisirung nicht bis zur Sättigung getrieben worden war) eine stärkere Intensität angenommen, nämlich wie 1,43 zu 1; allein er verlor auch mehr davon, als der andere.

Vier neue Stahlcylinder von demselben Durchmesser und 35 par. Lin. Länge wurden zum Härten erst in geschmolzenes Blei und nachher in Wasser von + 10°,5 R. getaucht und durch zwanzig Doppelstriche magnetisirt. Der Erfolg bewies, daſs die Härtung allzugering war, um einen bedeutenden Grad von Magnetismus anzunehmen oder ihn zu behalten. Die nämlichen Cylinder wurden nun mit grüner Seife bestrichen, beinahe bis zum Weiſsglühen gebracht und gleich-

1 Philos. Trans. f. 1825. pt. I. und Pogg. A. VI. 239.
2 Pogg. A. III. 236.

Digitized by Google

zeitig in einer Salmiakauflösung abgekühlt, die mit Oel übergossen war und eine Temperatur von + 7° R. besaſs. Durch 20 Doppelstriche magnetisirt machten sie 100 Schwingungen in folgenden Zeiten:

Nr. 1.	318″,44	und nach 20 neuen	306″,07
- 2.	307,30	Doppelstrichen	300,67
- 3.	332,59	-	319,43
- 4.	314,84	-	308,33.

Obgleich also diese Cylinder aus einem Stück Stahl verfertigt waren, gleiche Dimensionen und gleiches Gewicht hatten, auch möglichst gleich behandelt wurden, so waren sie dennoch nicht auf einerlei Kraft zu bringen. Nr. 2. blieb stets der stärkste, Nr. 3. der schwächste. Sie wurden nun sämmtlich in Leinöl gekocht, und zwar Nr. 1. zehn, Nr. 2 fünf, Nr. 3. zwanzig und Nr. 4. funfzehn Minuten lang, nachher mit 30 Strichen magnetisirt. Sie machten 100 Schw. in folgenden Zeiten:

	Vor dem Kochen bei 40° Strichen	Nach d. Kochen bei 30° Strichen	Zunahme der Intensität.
Nr. 1.	306,38	249,02	1,5137
- 2.	299,74	251,10	1,4419
- 3.	324,42	250,15	1,6407
- 4.	308,74	253,32	1,4854.

Hansteen schlieſst aus diesen Versuchen, 1) daſs die gehärteten Cylinder sehr nahe *denselben Grad* des Magnetismus erhalten, sie mögen längere oder kürzere Zeit gekocht werden; 2) daſs ein in Oel gekochter Cylinder einen Magnetismus annehmen könne, der 1½mal *stärker* ist, als derjenige, welchen ein glasharter erhalten kann. Allein diese Schlüsse sind unrichtig; dem erstern widersprechen die Intensitäten von Nr. 2 und 3., und der letztere ist deswegen unzulässig, weil das Magnetisiren nicht bis zur Sättigung getrieben war. Durch die Hitze des kochenden Leinöls = 310° R. wurden die Nadeln in bedeutendem Maſse angelassen, sie nahmen also schneller einen gewissen Magnetismus auf, als die harten, deren Coërcitivkraft gröſser war. Nach frühern Versuchen wären zur Sättigung 60 Doppelstriche erforderlich gewesen. Wirklich gebrach ihnen auch die Festhaltung des Magnetismus, die wir an harten Nadeln bemerken. Sie machten 100 Schwingungen

Nr.		am 5. Nov. 1821.	18. Nov. 1821.	7. Apr. 1822.	11. Oct. 1822	Verlust in 11 Mon.
1	in	249,"0	251",2	260",3	.....	11",3
2	-	251,3	255,0	261,8	263",7	10,5
3	-	250,3	251,6	261,7	263,0	11,4
4	-	253,2	255,0	265,8	269,4	12,6.

Sie verloren also in 11 Monaten, was die letzte Columne hier ausweist.

Noch sind wir mit der Theorie und Praxis der *Härtung des Stahls* so sehr im Dunkeln, daſs auch unsre daraus abgeleiteten Schlüsse über die Coërcitivkraft der Nadeln äuſserst unsicher ausfallen müssen. Die Temperatur des Ablöschungsmittels macht die Sache nicht allein aus, denn man kann auch in Wasser, das durch wiederholtes Ablöschen merklich warm geworden ist, eine vollständige Härtung erlangen; kaltes Oel hingegen giebt eine bloſse Federhärte. Es wäre selbst für die Gewerbe sehr zu wünschen, daſs jemand es sich zur Aufgabe machte, mit genauer Berücksichtigung der pyrometrischen Verhältnisse diesen Gegenstand mehr ins Klare zu bringen.

Noch vollständiger hat Kupffer den Einfluſs der Wärme auf den Magnetismus untersucht. Er hatte diese Arbeit in der Absicht vorgenommen, um sich zu überzeugen, ob die von einigen behauptete stündliche Veränderung der Intensität der Magnetnadel nicht etwa eine bloſse Folge des Temperaturwechsels sey [1]. Er bediente sich zu dieser Untersuchung der Methode der Schwingungen, die er an einer cylindrischen Nadel von Guſsstahl anstellte; sie war 0,057 Meter (2,1 Zoll) lang, wog 2,4 Gramme und ruhte in einem kleinen messingenen Ringe, der an einigen Seidenfäden aufgehängt war. Einige vorläufige Versuche, deren Temperatur-Intervall nicht über 10 Grad Reaum. ging, zeigten, daſs die Zeit von 300 Schwingungen um etwa 1 Procent zunahm. Ein Versuch am 8. März 1825, wo er durch Oeffnen der Fenster seines Zimmers die Temperatur von — 1½° R. bis + 26° veränderte, gab etwa eine halbe Zeitsecunde Correction für 1° R. Wärme an, und wirklich stimmten die verschiedenen in einem Tage beobachteten Schwingungszeiten, wenn diese Correction angebracht wurde, bis auf eine halbe Secunde zusammen.

1 Ann. de Chim. et Phys. XXX. p. 113.

Kupffer brachte nun unterhalb der schwingenden Nadel einen frisch magnetisirten Stahlstab von $18\frac{1}{2}$ Zoll Länge an, der in einem kupfernen Troge in Wasser versenkt war, welches bis auf 80° R. erhitzt wurde. Die Nadel vollendete, wenn sie bloſs dem Einflusse des terrestrischen Magnetismus unterworfen war, ihre 300 Schwingungen in 742 Sec. bei 13° R., über dem Magnetstabe hingegen bei eben dieser Temperatur in 429 Sec. Es ergab sich Folgendes.

Temp. d. Magnetst.	Zeit von 300 Schwingungen
13° R.	429″,0
80 -	476,0
21 -	464,5
(13) -	(463) [1]
11 -	462,5.

Hier zeigte sich offenbar eine Verminderung der magnetischen Intensität durch die Wärme. Zugleich erhellt eine dauernde Schwächung derselben durch eben diese Ursache, indem die Nadel beim Erkalten des Stabes nicht mehr auf die frühere Schwingungszeit zurückkommt. Es geht also hier wirklich etwas Magnetismus verloren und dieser Verlust steht mit dem Gange der Intensitätsveränderung bei verschiedenen Temperaturen in keiner Verbindung. Man hat also zwei Gröſsen zu unterscheiden; die erstere, die wir mit p bezeichnen wollen, drückt das Verhältniſs der magnetischen Kraft in zwei gleichen Wärmegraden, z. B. 13° R. vor und nach der Erhitzung aus, wobei die ursprüngliche Kraft als Einheit angenommen wird; die zweite q bezeichnet die magnetische Kraft bei 80° R., in Bezug auf diejenige, die nachher bei 13° R. beobachtet wurde. Man erhält diese Kräfte, indem man die Schwingungszeit in die Anzahl der Schwingungen dividirt und den Quotienten zum Quadrat erhebt. Von jeder muſs noch die Wirkung des terrestrischen Magnetismus abgezogen werden, vermöge dessen die Nadel in 742″ die gleiche Anzahl Schwingungen machte. Die Dauer der anfänglichen Schwingungsperiode betrug 429 Sec. bei 13° R., nach der Erhitzung bei eben dieser Temperatur 463″; ohne den Magnetstab 742″; man hat daher in diesem Falle

1 Dieser Werth ist nur durch Interpolation bestimmt.

$$p=\left[\left(\frac{300}{463}\right)^2-\left(\frac{300}{742}\right)^2\right]:\left[\left(\frac{300}{429}\right)^2-\left(\frac{300}{742}\right)^2\right]$$

oder, da die Zahl der Schwingungen dieselbe ist, überhaupt

$$p=\left(\frac{1}{463^2}-\frac{1}{742^2}\right):\left(\frac{1}{429^2}-\frac{1}{742^2}\right)=0{,}7875;$$

und auf gleiche Weise

$$q=\left(\frac{1}{476^2}-\frac{1}{742^2}\right):\left(\frac{1}{463^2}-\frac{1}{742^2}\right)=0{,}9118.$$

Kupffer führte diese Versuche mit vier Stäben durch, deren zwei von gehärtetem Stahl, die andern zwei von Eisen waren. Der erste hatte 6,3 Zoll, die übrigen 18½ Zoll Länge. Sie füllen elf Tafeln aus, die zusammen 71 Beobachtungen enthalten. Es ergaben sich für die Gröſsen p und q folgende Werthe.

Bei den Stahlstäben.		Bei den Eisenstäben.	
p	q	p	q
0,7875	0,9118	0,9553	0,9792
0,9367	0,8546	0,9875	0,9811
0,9424	0,7951	1,1291	1,0194
0,8958	0,9115	1,0194	1,0378
0,9276	0,8937		
0,7144	0,9074		
0,9669	0,8897.		

Aus mehrern Reihen von Beobachtungen ging unzweideutig hervor, daſs die Dauer der Oscillationen mit den Erwärmungsgraden genau gleichen Schritt hielt, so daſs z. B. die Schwingungszeit von 10° bis 45° Wärme um ebensoviel Secunden zunahm, wie von 45° bis 80°. Da nun für diesen Zwischenraum die Zunahme der Schwingungszeiten so ziemlich der Zunahme der magnetischen Kraft umgekehrt proportional ist, so kann man das Gesetz aufstellen: „Die Kraft ei„nes magnetisirten Stabes wird durch die Wärme dergestalt „vermindert, daſs die Abnahme desselben zu den Zunahmen „der Wärme im einfachen Verhältnisse steht."

Kupffer theilt noch eine Formel mit, um aus den für zwei bestimmte Thermometergrade beobachteten Schwingungszeiten die Schwingungszeit für irgend eine andere dazwischen liegende Temperatur mit aller Schärfe zu berechnen. Es seyen t und t′ jene Thermometergrade (z. B. 13° und 80° R.), n die

Zahl der Schwingungen, die für alle Beobachtungen gleich gesetzt wird, s und s′ die den Temperaturen t und t′ zugehörigen Schwingungszeiten; S die gesuchte Schwingungszeit für eine angenommene Temperatur T, s^0 die absolute Schwingungsdauer der Nadel durch den Magnetismus der Erde, so ist, wenn F und F′ die magnetische Kraft des Stabes für die Werthe von t und t′, C diejenige der Erde bezeichnet,

$$C = \left(\frac{n}{s^0}\right)^2, \; F = \left(\frac{n}{s}\right)^2 - C, \text{ und } F' = \left(\frac{n}{s'}\right)^2 - C;$$

q(wie oben) $= \frac{F'}{F}$; also $s = \frac{n}{\sqrt{C+F}}$; daher ist für die Temperatur T, $S = \frac{n}{\sqrt{\left[C+F-\frac{(1-q)F}{t'-t}(T-t)\right]}}$.

Aus den oben angeführten Beobachtungen fand sich

$$F = 0{,}28485, \; C = 0{,}18163, \; q = 0{,}91177;$$

mit diesen Daten erhält man für T = 21° R. den Werth von S = 464″,49. Die Beobachtung gab S = 464″,5. Eine ähnliche Bestätigung der Richtigkeit dieser Formel geht noch aus neun andern Beispielen hervor, die Kupffer berechnet hat und in denen die berechneten Werthe von der Beobachtung meist nur eine Zehntelsecunde, selten um eine halbe Secunde abweichen, ein Fehler, der allerdings den Beobachtungen zugeschrieben werden darf.

Schwieriger möchte es seyn, den Werth von p einem bestimmten Gesetze zu unterwerfen, welches die successive Zerstörung eines Theils der magnetischen Kraft durch die Wärme ausdrückt. Die ungleiche Beschaffenheit des Stahls, das Mangelhafte unsrer Methoden des Magnetisirens und unsere gänzliche Unwissenheit über das Wesen des magnetischen Stoffes halten uns da auſser dem Kreise plausibler Vermuthungen. Kupffer glaubt zwar aus einer Versuchsreihe gefunden zu haben, daſs die *Dauer der Schwingungen nach den Quadraten der Erwärmung zunehme,* allein mehrere andere Versuche schienen diesem einfachen Gesetze sich nicht fügen zu wollen. Eine Nadel aus Guſsstahl von 2,8 Z. Länge, die 200 Schwingungen in 578 Sec. vollendete, wurde siebenmal nach einander 10 Minuten lang in kochendes Wasser gehalten und

Digitized by Google

nach jeder Abkochung wieder geprüft. Sie gab in zwei Versuchsreihen folgende Resultate.

	Erste Reihe	zweite Reihe
Vor dem Eintauchen	578″	578″
Nach d. 1ten Eintauchen	633	637½
- - 2 - -	643	642
- - 3 - -	649½	645
- - 4 - -	652	647
- - 5 - -	652	650½
- - 6 - -	...	652
- - 7 - -	...	652

Die Schwächung des Magnetismus war also in der ersten Reihe schon nach der 4ten, bei der zweiten erst nach der 6ten Erwärmung auf ihr Minimum gekommen; p wird hier = 0,7859. Bei schwächern Magnetisirungen schien sie dieses Ziel noch früher zu erreichen. Die nämliche Nadel wurde nach neuer Magnetisirung in Wasser von 30, 40 u. s. w. Graden gesenkt und jedesmal die Dauer von 200 Schwingungen geprüft; hier die Resultate.

Temperatur des Wassers	Dauer von 200 Schwing.	Unterschiede
10°	581″	
(20)	(584)	3
30	589	5
40	596	7
50	605	9
60	616	11
70	629	13
80	644½	15

Hier tritt das vorerwähnte Gesetz unverkennbar hervor, indem die Differenzen die Reihe der ungeraden Zahlen ausdrücken. Schade nur, daſs diese Regelmäſsigkeit bei andern Versuchen mit derselben Nadel sich ganz verleugnete.

Daſs übrigens der durch die Wärme veranlaſste Verlust von Magnetismus nicht *gleichförmig* sey in der ganzen Länge eines Stabes, hat Kupffer später durch einen bestimmten Versuch dargethan[1]. Er lieſs eine kleine Nadel von 14 Mil-

1 Ann. de Chim. et Phys. XXXVI. p. 65. und Pogg. Ann. XII. 134.

Digitized by Google

lim. (5,3 Lin.) Länge vor einem aufrechtstehenden 503 Mm. (18¼ Zoll) langen Magnetstabe in verschiedenen Stellen seiner Länge schwingen, und beobachtete dann, nachdem derselbe auf 80° R. erhitzt worden und wieder erkaltet war, die Schwingungszeiten in denselben Stellen. Auf der nachstehenden Tafel sind in der Columne I. die Entfernungen vom obern Ende des Stabes nach Millimetern gegeben. Columne II enthält die Zeit von 200 Schwingungen und Columne III die daraus abgeleiteten magnetischen Intensitäten.

Vor der Erwärmung.

I	II	III	I	II	III	I	II	III
156,5	260″	0, 5569	116,5	202″	0, 9455	76,5	165″	1, 4311
136,5	228	0, 7374	96,5	181	1, 1862	56,5	154	1, 6518

Nach der Erwärmung.

I	II	III	I	II	III	I	II	III
156,5	291″	0, 4376	116,5	229″	0, 7280	76,5	191,5	1, 0559
136,5	256	0, 5765	96,5	208	0, 8897	56,5	180,5	1,1929.

Dividirt man die Intensitäten *vor* der Erwärmung durch diejenigen, welche *nach* ihr statt fanden, so sind die Quotienten um so gröſser, je näher die zugehörigen Stellen des Stabes nach den Enden hin liegen. So ist der Quotient in 56,5 Mm. Abstand vom Ende $\frac{1,6518}{1,1929} = 1,3763$ gröſser als der in 156,5 Millim. Abstand $\frac{0,5569}{0,7374} = 1,2727$.

Der nämliche Stab wurde aufs Neue magnetisirt und in seiner hohen Kante in die Verlängerung des Meridians der Nadel gelegt. So wurde er der kleinen Nadel auf verschiedene Abstände genähert und in jedem derselben vor und nach der Erhitzung in kochendem Wasser die Schwingungen der kleinen Nadel beobachtet. Die folgende Tafel enthält in der ersten Spalte D die Abstände vom Centrum der Nadel nach Millimetern, in der Spalte A die Intensitäten *vor*, in B eben diese *nach* der Erwärmung, C giebt die Quotienten dieser Zahlen.

D	A	B	C	D	A	B	C
197	0, 1298	0, 1777	1,368	137	0, 3773	0, 2586	1,452
177	0, 1595	0, 2213	1,387	117	0, 5237	0, 3490	1,503
157	0, 2010	0, 2849	1,418	197	0, 7773	0, 4951	1,573
				77	1, 2795	0, 7556	1,693

Kupffer theilt noch ein Paar andere Versuche über die Wirkung der Wärme auf die Vertheilung des Magnetismus mit, für deren Erklärung die gewöhnliche Schwächung der Anziehung nicht genügt, die er aber sehr richtig von der Verrückung des Indifferenzpunctes herleitet. Legt man nämlich der im Meridiane liegenden Magnetnadel ns in einer Horizontalebene parallel den Magnetstab SN gegenüber, dergestalt, daſs die ungleichnamigen Pole nach der nämlichen Himmelsgegend gerichtet sind (wobei die Magnetnadel nicht vom Meridiane abgeht), und setzt man hierauf bei L eine Lichtflamme unter den Stab, so wird in diesem Falle die Nadel dem erwärmten Ende zugehn und die durch die punctirte Linie n′s′ bezeichnete Lage annehmen; das Umgekehrte findet statt, wenn der Stab umgewendet wird, so daſs die gleichnamigen Pole einander parallel gegenüber liegen. Im erstern Falle sollte die Schwächung des Nordpoles am Stabe eine verminderte Anziehung des Südpoles der Magnetnadel und eine Hinneigung derselben zum kältern Pole des Stabes zur Folge haben, und eben dieses müſste auch im zweiten Falle, wo die Abstoſsungen thätig sind, in entgegengesetzter Ordnung eintreten. Der Erfolg zeigt offenbar das Gegentheil; die Nadel nähert sich dem erwärmten anziehenden Pole und entfernt sich von dem abstoſsenden, wenn er erwärmt wird. Kupffer erklärt das Paradoxon durch *die Versetzung des Indifferenzpunctes*, welcher jederzeit nach seinen eigenen Beobachtungen dem stärkern Pole näher liegt [1]. Dieser rückt nach dem kältern Ende hin und es erfolgt hieraus das Nämliche, als wenn der ganze Stab nach eben dieser Seite verschoben worden wäre. Im erstern Falle wird dadurch die südliche Hälfte des Stabes mehr vom Nordpole der Nadel entfernt und dadurch die Wirkung ihrer Anziehung vermindert, während die nördliche Hälfte dem Südende der Nadel mehr genähert wird; dort wird also die Anziehung wirksamer und die Südspitze der Nadel geht dem Nordende des Stabes zu. Im zweiten Falle hingegen wird durch eben diese Versetzung des Indifferenzpunctes die südliche Hälfte des Stabes dem Südende der Nadel näher gebracht und dadurch eine desto gröſsere Abstoſsung bewirkt.

Fig. 154. Fig. 155.

1 S. oben über d. Vertheilung des Magnetismus im Innern der Stahlstäbe.

Digitized by Google

Wurde statt des Magnetstabes eine Stange weichen Eisens in die Horizontalebene der Nadel und parallel mit derselben hingelegt, so erfolgten bei Erwärmung ihrer Enden entgegengesetzte Wirkungen. Die Stange besaſs nämlich keinen andern Magnetismus, als denjenigen, der von der Erde ihr mitgetheilt war und dem zufolge ihr nach Norden gekehrtes Ende die Nordspitze der Nadel abstieſs. Dieses bestätigt die längst gemachte Erfahrung, daſs beim weichen Eisen die magnetische Wirksamkeit durch die Erhitzung vermehrt wird.

Der Magnetstab von 18¼ Zoll Länge wurde im Meridiane der Nadel dergestalt hingelegt, daſs er sich in ihrer Verlängerung befand, und dann sein näheres Ende erwärmt. Die Nadel, die in dieser Lage bei der gewöhnlichen Temperatur 200 Schwingungen in 204 Sec. vollendete, gebrauchte, als der Stab daselbst durch ein Kerzenlicht erhitzt wurde, 293″; nach dem Erkalten 289″,5. Eine Erwärmung an demjenigen Ende des Stabes, das von der Nadel entfernter war, erhöhte die Zahl der Schwingungen nicht, sie ging im Gegentheil auf 288″,5 zurück.

Die häufige Anwendung, die man in neuerer Zeit von der Methode der horizontalen Schwingungen einer Nadel gemacht hat, rief bald das Bedürfniſs einer Correction der Schwingungszeiten für den Einfluſs der Wärme hervor und veranlaſste mehrere Versuche über diesen Gegenstand, deren nähere Betrachtung wir den Untersuchungen über die *Methode der Oscillationen* vorbehalten. Die Nichtbeachtung des Temperatureinflusses hatte vorher den Glauben an eine tägliche Variation der Intensität des terrestrischen Magnetismus hervorgebracht, dessen Unstatthaftigkeit jedoch Kupffer unzweideutig dargethan hat. Gleichwohl sind die von ihm selbst, von Hansteen und Christie angegebenen Correctionen der Schwingungszeiten für die Wärme so ungleich, daſs daraus die an sich schon wahrscheinliche Vermuthung hervorgeht, es gebe hierfür kein allgemeines Gesetz, sondern jede Nadel bedürfe ihre eigene besondere Correction, die ganz empirisch für dieselbe gefunden werden muſs. Das Unbefriedigende jener Vorschläge veranlaſste zwei neuere Physiker, Ludwig Moser und Peter Riess, der Ursache dieser Verschiedenheiten näher nachzuspüren und die bisherigen Untersuchungen einer neuen Con-

Digitized by Google

trole zu unterwerfen[1]. Sie bedienten sich ebenfalls der Methode der Schwingungen, aber mit Anwendung besonderer Vorsicht. Die Oscillationen wurden sämmtlich von 30° an gezählt, um die ungleiche Dauer derselben zu vermeiden, und die Nadel selbst wurde nicht durch Annäherung eines Magnets oder Eisens, sondern durch Ablenkung vermittelst eines Kupferhakens in Bewegung gebracht. Ein genaues Chronometer diente zum Zählen. Die Nadel war 2 Zoll lang, cylindrisch von englischem, gezogenem Guſsstahl und ohne Härtung.

Von den zwei Einwirkungen der Wärme auf die Veränderung des Magnetismus, nämlich der augenblicklichen und der zurückbleibenden Schwächung, wurde die letztere zuerst in Untersuchung genommen. Eine weiche Stahlnadel von 0,67 Lin. Dicke wurde zu wiederholten Malen in siedendes Wasser getaucht; vorher machte sie 30 Oscillationen in 243,2 Sec. Sie brauchte dazu

nach dem ersten Eintauchen	255″,6
- - zweiten -	257,8
- - dritten -	258,8
- - vierten -	259,6
- - fünften -	260,2
- - sechsten -	260,8.

Durch ein ferneres Eintauchen wurde die Schwingungszeit nicht mehr verändert.

Bezeichnet man die magnetische Intensität vor dem Versuche mit I, nach demselben mit I′, so ist, vorausgesetzt, daſs ihre Aenderungen dem Wärmeüberschusse proportional seyen, $I' = I\,(1 - a)$; also die Schwächung $a = \frac{I - I'}{I}$. Vergleicht man auf diese Weise die den Werthen 243″,2 und 260″8 entsprechenden Intensitäten, so wird a = 0,130415 oder, da die Temperatur des Zimmers 16° R. betrug, 0,00204.64° R. Die bedeutende Gröſse dieses Werthes, der den von Christie aufgestellten Factor fast um das Doppelte übertrifft, konnte drei verschiedenen Ursachen zugeschrieben werden, entweder einer Oxydirung des Stahls im warmen Wasser, einer Veränderung seiner Masse oder einer eigenthümlichen Wirkung der Wärme selbst. Die nämliche Nadel wurde deshalb wieder

1 Pogg. Ann. XVII. 403.

Digitized by Google

friſch magnetiſirt und dann mit Firniſs überzogen, gab aber ſehr nahe die nämlichen Reſultate wie vorhin. Ebenſo wenig zeigte die Art der Erhitzung oder auch des Erkaltens nach der Siedhitze irgend einen beſondern Einfluſs. Das Endreſultat war daſſelbe, ob man die Nadel nur durch kurzes Eintauchen oder durch ſtundenlanges Kochen erhitzte, ob man ſie mit dem heiſsen Waſſer ſelbſt langſam erkalten, an der Luft ſich abkühlen lieſs, oder durch Eintauchen in kaltes Waſſer plötzlich erkältete.

Noch waren zwei wichtige Beſtimmungsgründe der Schwächung der Nadeln in Betracht zu ziehen, nämlich ihre *Dimenſionen* und ihre *Härtung*. Zuerſt wurde der Einfluſs der Dicke in Unterſuchung genommen. Sechs Nadeln von einerlei Länge, aber verſchiedener Dicke, wurden nach dem Magnetiſiren in Glasröhren eingeſchloſſen und zu wiederholten Malen in ſiedendes Waſſer gelegt. Das Ergebniſs zeigt folgende Tafel, deren erſte Columne die Nummer der Nadel, die zweite ihren Durchmeſſer in pariſer Linien, die dritte und vierte die Schwingungszeiten vor und nach der Erhitzung, die fünfte den Factor der Intenſität, und die ſechſte eben dieſen Factor für den Durchmeſſer der Nadel = 1 par. Linien enthält; die Temperatur des Zimmers war 8° R.

Nr.	Durchm.	Oscillat. vorher	Oscillat. nachher	Factor 1 — a	Factor für 1 Lin. Durchm.
	l				
1	0,66	269″,4	286,0	1 — 0,11271	1 — 0,1708
2	0,73	320	342,6	1 — 0,12758	1 — 0,1747
3	0,86	332	360,0	1 — 0,14951	1 — 0,1738
4	1,01	338	374,8	1 — 0,18673	1 — 0,1697
5	1,16	348	388,2	1 — 0,19638	1 — 0,1693
6	1,77	320,4	368,6	1 — 0,24430	1 — 0,1381

Offenbar iſt a dem Durchmeſſer der Nadel proportional. Bei der geringen Zahl von Schwingungen, die hier beobachtet werden konnten, iſt ein Fehler von 0″,4 in der Zeitangabe von merklichem Einfluſs auf die Intenſitätsbeſtimmung. So gab eine Nadel von 0,3 Lin. Durchmeſſer den Factor a = 0,06074. Vermehrt man die Schwingungszeit von etwa 120 Secunden um 0″,4, ſo wird a = 0,05374 und auf 1 Lin. reducirt = 0,1790. Dieſe Beobachtung, ſo wie diejenige der Nadel Nr. 6. zeigt jedoch, daſs die beſagte Proportionalität

nur innerhalb gewisser Grenzen statt finde und der Werth von a in einem nicht bloſs linearen Verhältnisse zur Dicke stehe. Um den Durchmesser der Nadel nicht zu vergröſsern, wurden zwei gleiche Nadeln von 1,22 Lin. Dicke und 2 Zoll Länge aus weichem Stahl bereitet und die eine derselben der Länge nach durchbohrt. Die hohle Nadel machte anfänglich 100 Oscillationen in 262″, nach dem 20sten Eintauchen in 312″,8; die solide in 436″,5, nachher in 474″,3, woraus sich der Factor der Intensität für jene = 1 — 0,29843, für diese = 1 — 0,152865 ergiebt. Bei einer andern hohlen Nadel von 2,1 Lin. und 1,56 Lin. innerem Durchmesser betrugen 50 Schwingungen 249″,6, bei einer vollen von derselben Gröſse 365″,2; nach dem Eintauchen kam jene auf 322″, die volle auf 541″. Dieſs giebt für die erstere a = 0,39914. Es ergiebt sich hieraus klar, daſs die Schwächung mit der *Oberfläche* gleichen Schritt hält.

Wenn die *Dicke* der Nadeln ihre Schwächung durch die Siedhitze vermehrt, so wird hingegen durch die *Länge* das Umgekehrte bewirkt. Zwei weiche Stahlnadeln von 4 Zoll Länge, die eine von 0,67 Lin., die andere von 1,1 Lin. Durchmesser, wurden wie die bisherigen behandelt und gingen, die dünnere von 371″,2 für 80 Schwingungen auf 387″,6, die dickere von 367″,2 für 60 Schwingungen auf 392″,0 zurück. Daraus erhält man a = 0,08244 und 0,12253. Bei halb so langen Nadeln war es 0,1127 und 0,1867 gewesen. Als von beiden Nadeln ein Viertel abgeschnitten wurde, so daſs sie nur 3 Zoll Länge hatten, waren die Resultate von den vorigen nur um eine Gröſse verschieden, die ohne Bedenken den Beobachtungsfehlern zugeschrieben werden kann. Als sie auf 2 Zoll Länge reducirt wurden, waren die Verluste von den oben in der Tabelle angegebenen wenig verschieden, indem sich bei der dünnern Nadel a = 0,11705, bei der dickern = 0,18401 ergab. Daſs an diesen Resultaten der mehr oder mindere Grad der magnetischen Sättigung keinen bemerkbaren Antheil habe, wurde noch durch einen besondern Versuch auſser Zweifel gesetzt.

Um endlich auch den Verdacht, als hätte die etwelche Bearbeitung der Nadel ihr einige Härtung beigebracht, zu beseitigen, wurde eine Nadel von 1,1 Lin. Dicke vor dem Magnetisiren ausgeglüht. Sie machte vor dem Eintauchen in

kochendes Wasser 120 Oscillationen in 285″,6, nach demselben in 318″,4, woraus a = 0,19542 oder 0,1776.d folgt, wenn d den Durchmesser in par. Linien bezeichnet. Eine andere Nadel von 0,73 Lin. Dicke, auf eben diese Weise behandelt, gab die Schwingungszeiten = 317″,4 und 337″,8 und a = 0,1172 = 0,1610.d; beide nicht ungleich den frühern Bestimmungen. Bemerkenswerth ist hierbei die Beständigkeit der Resultate, die sich bei weichem Stahle nach jedesmaligem Magnetisiren wieder durch die Siedhitze ergeben, und eben diese verleiht auch den angeführten Daten eine desto gröſsere Glaubwürdigkeit.

Soviel von Stahlcylindern im *weichen* Zustande. Die *gehärteten* bieten in ihren numerischen Ergebnissen eine geringere Uebereinstimmung dar, weil wir den Grad der Härtung weder zu geben noch zu taxiren wissen, auch über seine gleiche Vertheilung in der ganzen Länge des Stabes kein Urtheil haben. Gleichwohl ist ihr Verhalten bei dem fraglichen Processe von dem der weichen Nadeln so wesentlich verschieden, daſs jene kleineren Abweichungen dagegen nicht in Betracht kommen.

Eine schon früher gebrauchte Nadel von 1,22 Lin. Durchmesser wurde so sehr, als Feuer und Wasser es vermögen, gehärtet, dann ohne polirt zu werden gestrichen und hernach einige Zeit von Tag zu Tag untersucht. Die Nadel brauchte

zu 80 Oscillationen	401″,6
nach dem ersten Eintauchen	451,2
- zehnten -	495,2.

Von hier ab verlor sie bei jedem Eintauchen nur wenig, kam aber erst nach dem 50sten in einen stabilen Zustand, nämlich zu 576″,8, so daſs a = 0,51523. Eine andere Nadel von 1,77 Lin. Durchmesser kam nach 40maligem Eintauchen von 429″,6 auf 554″,4, woraus a = 0,39954. Der geringere Werth von a ist hier einer geringern Härtung zuzuschreiben.

Die gehärteten Nadeln erleiden also eine weit *gröſsere Verminderung des Magnetismus*, als die weichen, allein auch diese befolgt während des Erkaltens einen entgegengesetzten Gang. Die *weichen* Nadeln zeigen in der erhöhten Temperatur eine geringere Intensität, als nach dem vollständigen Erkalten, bei den *harten* hingegen werden die Schwingungen

Digitized by Google

bei fortgehendem Erkalten immer langsamer, wie dieses die Zeiten der ersten 20 Schwingungen gegen die letztern beweisen.

Bei gehärteten Stahlnadeln ist nach einer zweiten Magnetisirung der Kraftverlust weit geringer als der erste und sinkt nach und nach zu einer verschwindenden Gröſse hinab. Von vielen Belegen nur einer. Eine Nadel von 0,73 Lin. Durchmesser und stark gehärtet brauchte zu 100 Oscillationen 253″,6; nach 45maligem Eintauchen 339″,2. Hier war der stabile Zustand eingetreten mit a = 0,44103. Nach der zweiten Magnetisirung bedurfte sie zu 100 Oscillationen 308″,8 und kam nach 10maligem Eintauchen auf 318″,6, woraus a = 0,06057. Zum dritten Male gestrichen und 6mal eingetaucht gab sie a = 0,04395 und dieses wurde nach einer wiederholten Magnetisirung = 0 befunden.

Hansteen's Behauptung, daſs eine Nadel, die einmal durch die Siedhitze einen Theil ihres Magnetismus eingebüſst habe, durch Temperaturen unter 80° nicht weiter geschwächt werde, hat sich nicht bestätigt. Eine gehärtete Nadel von 1,22 Lin. Durchmesser kam durch einmaliges Eintauchen bei 80° von 330″,8 auf 355″,4 und hierauf durch eines bei 40° auf 358″,8.

Mit einigem Rechte verwunderten sich die Verfasser dieser Versuche, daſs ein so bedeutender Kraftverlust, wie er bei gehärteten Nadeln sich zeigt, von keinem der frühern Beobachter sollte bemerkt worden seyn. Sie schreiben dieses dem Umstande zu, daſs die bisherigen Versuche mit *polirten* Nadeln angestellt worden seyen und daſs die Wärme, welcher die Nadeln beim Poliren ausgesetzt worden, sie für eine weitere Wirkung der Wärme unempfindlich gemacht habe. Diese Vermuthung wurde durch mehrere Versuche an gehärteten Nadeln, in auffallendem Grade aber an einer weichen Nadel von 0,73 Lin. Durchm. bestätigt. Diese machte ursprünglich 80 Oscillationen in 205″,8. Auf einer rauhen Oberfläche stark gerieben kam die Schwingungsdauer auf 238″,6, nach mehrmaligem Eintauchen aber bei 80° bleibend auf 244″. Die Intensität war somit im Ganzen proportional mit 1 — 0,28855 geschwächt worden, während auf Rechnung des Eintauchens nur der Factor 1 — 0,04377 kommt. Die Wärmeentwicklung durch Reibung ist daher nicht so unbedeutend und wohl dürfte

auch die schwächende Wirkung mechanischer Erschütterungen der dabei freiwerdenden Wärme zuzuschreiben seyn.

Reines Eisen, an sich schon weniger fähig, den Magnetismus festzuhalten, verliert durch die Erwärmung noch weniger, als weicher Stahl. Eine Eisennadel von 1,01 Lin. Durchmesser kam nach 10maligem Eintauchen von 335″,4 auf 337″,2; eine andere von demselben Durchmesser von 320″,0 auf 333″,4. Die verschiedene Reinheit des Eisens machte eine genaue Bestimmung hierin unmöglich, da wenige Procente Kohlenstoffs das Eisen in Stahl verwandeln. So kam eine Eisennadel nach mehrmaligem Eintauchen bei 60 Schwingungen von 360″,8 auf 380″,4. Die Nadel, die nach andern Untersuchungen keinen Schwefel enthielt, wurde nun, um die überschüssige Kohle auszutreiben, einem anhaltenden Glühen ausgesetzt und an der Luft abgekühlt. Ihre Coërcitivkraft wurde dadurch nicht bedeutend vermindert, denn sie bedurfte, auf gleiche Weise wie früher magnetisirt, zu 60 Oscillationen 292″,7, da sie vorhin 360″,8 gebraucht hatte. Hingegen wurde die bleibende Wirkung der Wärme durch das Glühen sehr herabgesetzt, indem nach mehrmaligem Eintauchen die Schwingungszeit nur um 3″ zunahm, ein Verhalten, wodurch sie dem reinen Eisen näher kommt und das ohne Zweifel vom Verlust an Kohle herrührt.

Ganz kürzlich hat Matteucci[1] einige der bisher angeführten Beobachtungen ebenfalls angestellt, ohne jedoch mit den gründlichen Arbeiten seiner Vorgänger in Deutschland und England bekannt zu seyn. Er beobachtete zwischen den Temperaturen von — 12°,5 C und 100° C mit Anwendung einer kleinen Magnetnadel, deren Schwingungen er zählte, und glaubt, daſs in diesem Intervall die Zunahme des Magnetismus der Abnahme der Temperatur proportional sey, was mit Christie's Behauptung im Widerspruch steht. Ein Versuch Matteucci's verdient jedoch besonders angeführt zu werden. Wurde ein Stück weichen Eisendrahtes von $0^{m},22$ (8,1 Z.) Länge und 2^{mm} (0,9 Lin.) Dicke in die Nähe der kleinen (6,2 *Lin.* langen) Magnetnadel gebracht und vor derselben

---

1 Discorso sull' influenza del calore sul magnetismo. Ausgez. in Baumg. Ztschr. f. Ph. und Math. X. 465.

der ganzen Länge nach hingeführt (in welcher Richtung, wird nicht gesagt) in einer Distanz von $0,^{m}041$ (1,5 Z.), so zeigte derselbe keine Spur einer erlittenen Magnetisirung, und die Probenadel machte dieselbe Anzahl Schwingungen, was ihr auch immer für ein Punct des Drahtes gegenüber stehen mochte. War aber der Draht in einer Glasröhre von einer erkältenden Mischung von — 12°,5 C. umgeben, so zeigte er sich magnetisch; die Nadel, die im freien Zustande 68 Schwingungen in einer Minute machte, vollendete deren 74, wenn ihr eine von seinem obern oder untern Ende nur $0^{m},063$ (2,33 Z.) abstehende Stelle des Drahtes gegenüber lag. Der Mitte des Drahtes gegenüber oscillirte die Nadel, wie wenn er nicht vorhanden wäre. Nach acht Stunden hatte der Draht wieder seine frühere Temperatur angenommen, und nun wirkten alle Stellen desselben bei gleicher Entfernung völlig gleich auf die Nadel, wie es vor der Erkältung der Fall gewesen war. Obgleich die Lage des Drahtes hier nicht angegeben ist, so muſs sie doch wohl eine solche gewesen seyn, welche jede Einmischung des Erdmagnetismus ausschloſs, und dieser wäre auf jeden Fall bei abnehmender Temperatur nicht zunehmend gewesen. Es wurde also hier magnetische Kraft im Eisen wirksam, die bei der gewöhnlichen Temperatur sich nicht darstellt. Sollte dieses etwa in der Zusammenziehung des Eisens durch die Kälte seinen Grund haben? Sollte es einer gewissen Nähe der Molecülen, einer gewissen Kleinheit der Poren bedürfen, um die Festhaltung des magnetischen Fluidums wie durch eine Capillar-Anziehung möglich zu machen? Die Beschaffenheit des Stahls in seinen verschiedenen Härtungen und die sämmtlichen hier aufgeführten Wirkungen der Wärme scheinen für eine solche Annahme zu sprechen. Im weichen Eisen ist wegen der Entfernung oder der Gestalt der Molecülen diese Anziehung unmöglich, dagegen ist die Permeabilität für das magnetische Fluidum desto gröſser, und diese wird noch vermehrt, wenn durch die Wärme die Zwischenräume noch mehr erweitert werden; *daher tritt in erwärmten oder schwachglühenden Eisenstangen der Erdmagnetismus desto kräftiger hervor*. Je *härter* der Stahl, desto feiner sein Korn, desto gröſser sein Volumen, desto zahlreicher und kleiner seine Molecülen, desto enger auch seine Zwischenräume. Daher seine geringe Permeabilität, seine Unfähigkeit, einen

schwachen Magnetismus, wie z. B. den terrestrischen, in sich aufzunehmen, durchzulassen und ihm als Leiter zu dienen. Aber desto gröſser auch sein *Festhalten* eines Magnetismus, den er einmal in sich aufgenommen hat. Die Wärme erweitert die Poren, und so wird ein Theil des im freien Zustande sich selbst repellirenden Fluidums ausgetrieben; mithin *wird der Idiomagnetismus des Stahls durch die Wärme geschwächt.* Im *weichen Stahle* setzt die Elasticität seiner Cohäsion bei mäſsigen Erwärmungen, welche den Zustand der Molecülen nicht verändern, jener Erweiterung der Poren einigen Widerstand entgegen, so daſs durch eine etwelche Erschütterung, wie z. B. durch den Proceſs des Magnetisirens selbst, der vorige Stand der Dinge wieder hergestellt wird. *Daher zeigen sich im weichen Stahle nach jedem neuen Magnetisiren dieselben Schwächungen der magnetischen Kraft.* Der *harte Stahl* hingegen läſst keine so groſse Verschiebung der Molecülen zu; daher sind in diesem die Schwächungen durch die Wärme *geringer,* ihre Wirkungen sind *beharrlich* und erreichen sogleich eine Grenze, die nur durch eine gröſsere Wärme überschritten werden kann. *Im glühenden Zustande* ist der Stahl dem Eisen gleich, der Magnetismus, den er besaſs, ist aus den ganz erweiterten Zwischenräumen entflohen, seine Permeabilität hat zugenommen und er ist nun, wie das Eisen, ein desto besserer Leiter des Erdmagnetismus. Daſs aber beim *Weiſsglühen* aller Magnetismus, auch der terrestrische, aufhört, scheint auf die specifische Natur dieses Stoffes, vielleicht sogar auf seine atmosphärische Abkunft, hinzudeuten [1].

XIII. Einfluſs des Sonnenlichts auf den Magnetismus.

Seit Coulomb's Arbeiten im achten Decennium des vorigen Jahrhunderts war, wie durch eine Verabredung der Phy-

1 Vielleicht findet in diesem Zustande keine Zersetzung des Wassers oder der Feuchtigkeit mehr statt. Weiſsglühendes Eisen *soll* die Hand weniger brennen, als rothglühendes (das Geheimniſs der ehemaligen Feuerprobe?), und Schieſspulver soll nur von rothglühendem Eisen sich entzünden lassen.

Digitized by Google

siker, die Lehre vom Magnetismus unbeachtet geblieben; in den Compendien erschien sie als ein stehender Artikel, in kurzer Abfertigung, ja man hatte sogar manche Entdeckung der frühern Jahrhunderte ganz aus den Augen verloren und nur in den Schriften deutscher Naturphilosophen wiederhallten etwa die übelbegriffenen Worte von magnetischer Anziehung und Polarität. Desto willkommener muſste eine Entdeckung seyn, welche der Forschbegierde der Physiker ein neues Feld zu eröffnen versprach und früher gefaſste Vermuthungen durch die Erfahrung zu rechtfertigen schien. Herschel's Entdeckung über die Trennung der erwärmenden und leuchtenden Strahlen im Sonnenlichte und die ungleiche Kraft der erstern im Spectrum desselben veranlaſste im Sommer 1812 den römischen Professor Domenico Morichini, das Sonnenlicht auch auf Magnetismus und Elektricität zu prüfen[1]. Er lieſs sich zu dem Ende mehrere stählerne Nadeln, wie man sie zu Boussolen gebraucht, verfertigen; sie hatten gläserne Hütchen und bewegten sich mit groſser Leichtigkeit auf ihren Spitzen. Diese Nadeln wurden auf einem hölzernen Lineale in die äuſserste Grenze der violetten Strahlen des Sonnenspectrums gebracht und erhielten, da sie vorher ganz indifferent gewesen waren, nach einiger Zeit die Fähigkeit, sich in den magnetischen Meridian zu stellen. Zur Beschleunigung und Verstärkung dieser Wirkung wurden nun die Nadeln in ein durch biconvexe Gläser und Hohlspiegel concentrirtes Bild des violetten Strahls gesetzt, wodurch ihre Magnetisirung merklich beschleunigt und in dem Grade erhöht wurde, daſs eine dieser Nadeln mit dem Nordpole Eisenfeilicht anzuziehn vermochte.

Ein College des Entdeckers, Prof. Barlocci, kam auf den Einfall, die gewöhnliche Methode des Streichens dergestalt anzuwenden, daſs er das concentrirte Bild von der Mitte der Nadel nach dem Nordende und ebenso nachher nach dem Südende hinbewegte. Dadurch wurden die Nadeln in weit kürzerer Zeit so stark magnetisirt, daſs sie sich nicht nur in den magnetischen Meridian drehten, sondern auch ganze Büschel von Eisenfeilicht zu tragen vermochten und ihre entschiedene Polarität nicht nur, wie vorher durch Anziehung der ungleichnamigen, sondern auch durch Abstoſsung der gleichnamigen

1 Bibl. britann. T. 52. und G. XLIII. 212.

Digitized by Google

Pole zu erkennen gaben. Die zu dieser Magnetisirung nöthige Zeit betrug beim längsten Versuche zwei Stunden, beim kürzesten eine halbe Stunde. Dieser Unterschied schien gänzlich vom Zustande der Atmosphäre abzuhängen; eine weniger durchsichtige Luft oder ein leicht bewölkter Himmel (*cirriformis* nach Howard's Nomenclatur) schwächte und zerstörte zuweilen den magnetischen Einfluſs der Sonnenstrahlen. Ebenso hinderlich schienen Feuchtigkeit und südliche Winde zu seyn, indeſs frisches und heiteres Wetter von merklich günstigem Einflusse war. Die Temperatur des Zimmers, in welchem operirt wurde, stand allezeit zwischen 18° und 22° R. Alle diese Nadeln zeigten auch eine bestimmte Senkung des Nordpols. Die Wirkung findet nur in den violetten Strahlen des Spectrums und zwar an ihrem äuſsersten Rande statt. Umkehrung des Farbenspectrums bringt auch eine Umwendung der magnetischen Pole zuwege. Wird eine Nadel, die im obern Theile des violetten Strahls von der Linken zur Rechten zur Hälfte eingetaucht war, umgekehrt in die entgegengesetzte Seite gebracht, so findet sich ihre Polarität verwechselt.

Dieses ist in Kurzem der Thatverhalt von Morichini's Versuchen, zu denen er später nur die Bemerkung hinzufügte, daſs, wenn man den Nadeln neben der Deklination auch die Richtung der magnetischen Inklination gebe, der Erfolg noch stärker und auffallender sey.

Morichini säumte nun nicht, zur Beglaubigung seiner Entdeckung mehrere seiner Nadeln, die auf diese Weise magnetisirt worden waren, an verschiedene Akademieen und einzelne Gelehrte zu versenden. Eine derselben, die er nach Mailand geschickt hatte, war nach dem Zeugnisse Mosoati's[1] so stark magnetisirt, daſs sie, an einem Schlüssel gehalten, ihr eigenes Gewicht trug. In Mailand selbst gelangen die Versuche nicht und der berühmte Entdecker der Metallelektricität, Alex. Volta, unterlieſs nicht, den römischen Physiker durch die Herren Paradisi und Tambroni auf den Einfluſs des Erdmagnetismus aufmerksam zu machen. Allein dieser erklärte in

1 In s. Brief an Dr. Odier in Genf Bibl. brit. 1813. S. 195. und Schweigger Journ. VIII. S. 352.

einer zweiten Abhandlung im April 1813[1], daſs er gegen alle Täuschungen sich gesichert habe, und beschreibt dann den bei seinen Versuchen gebrauchten Apparat, welcher in der gewöhnlichen Vorrichtung zur Durchlassung des Sonnenstrahls in ein verfinstertes Zimmer besteht. Das Gestell für die Nadel bestand in einer verticalen Leiste von Holz, an welcher ihrer ganzen Länge nach ein Messingstab befestigt war. Ein 6 Zoll langer messingner Arm, horizontal vom Stabe abgehend, trug an seinem Ende einen verticalen messingnen Stift, bestimmt die 2½ Zoll lange, 6 Gran schwere Nadel aufzunehmen (ob diese Messingstücke ganz unmagnetisch waren, ist nicht untersucht worden). Die Oeffnung, durch welche der Sonnenstrahl eindrang, hatte 8 Lin. Durchmesser, das dahinter stehende Prisma war englischen Ursprungs und die Glaslinse verdichtete 784 mal. Beim Bestreichen mit dem violetten Lichtstrahle muſste gleichförmig und langsam verfahren werden, ohne je eine rückgängige Bewegung zu machen. Er erwähnt ferner, daſs er auf eine Anzeige Gay-Lussac's das Experiment auch im December 1812 bei 0° R. und ebenso im Febr. und März angestellt habe, ohne in Hinsicht auf die Temperatur irgend eine Verschiedenheit der Wirkung wahrzunehmen. Die grünen Strahlen des Farbenspectrums brachten den Nadeln zwar einen schwachen Magnetismus bei, aber es bedurfte dazu der sechsfachen Zeit, die bei den violetten erforderlich war. Mit den rothen Strahlen konnte er nach 6½ Stunden keine Wirkung erlangen. Hingegen bewiesen sich nach Morichini die unsichtbaren chemischen, desoxygenirenden Strahlen bis auf 2 Zolle über den Rand des Violett hinaus als entschieden magnetisirend. Ja sogar die violetten Strahlen des Spectrums vom Mondlichte haben nach zwölfstündigem Bescheinen im Vollmonde zwar keine vollständige Magnetisirung der Nadel, aber doch so viel bewirkt, daſs ihr hinteres Ende von einer andern schwach magnetisirten Nadel abgestoſsen wurde, welche das vordere anzog. Diese schwachen Wirkungen seyen, bemerkt Morichini, eher den chemischen Strahlen, von denen der Mond verhältniſsmäſsig weit mehr als von den violetten zurückwerfe, als den violetten

---

1 Uebers. in Schweigg. Journ. Bd. XX. S. 16. und Journ. de Phys. Oct. 1813. und ausgez. in G. XLVI. 367.

selbst zuzuschreiben. Mit dem Lichte von Argand'schen Lampen oder Wachskerzen erhielt er keine Wirkung. Zum Troste der Physiker, welche durch diese Versuche den bisher angenommenen Erdmagnetismus gefährdet glauben möchten, bemerkt Morichini am Schlusse, daſs dieser darum nicht aufgegeben werden müsse, indem er nun als Folge des magnetischen Fluidums anzusehen wäre, welches die irdischen Körper, wie einige Phosphore ihr Licht, aus der Sonne einsögen. Eine Tafel, welche die Lage mehrerer Nadeln gegen das violette Spectrum abbildet, und zwei gröſsere Tafeln, auf welchen der Tag der Versuche, die Witterungsverhältnisse, nebst Barometer-, Thermometer- und Hygrometerstand, die Dauer der Bestrahlung und ihr Erfolg angegeben sind, beschlieſsen diese Abhandlung.

Nun aber trat im September dieses Jahres ein gründlicher Physiker der ältern Schule, Configliachi in Pavia, mit einer lange vorbereiteten Arbeit auf, aus welcher er die Möglichkeit und Wahrscheinlichkeit der Täuschungen in Morichini's Versuchen nachzuweisen suchte[1]. Er tadelte die geringe Sorgfalt, die dieser auf die Vorbereitung und Prüfung der Nadeln verwendet hatte, die Kleinheit und das Ungewisse der Versuche, und bemüht sich durch eine lange Reihe neuer Experimente darzuthun, was unter gewissen Umständen der Erdmagnetismus auch ohne Zuthun der Sonnenstrahlen in solchen Nadeln zu wirken vermöge.

Im schwarz angestrichenen optischen Zimmer der Universität Pavia setzte Configliachi mehrere Nadeln aus weichem Eisen und Stahl auf feinen Spitzen schwebend hin; sie waren gegen den Luftzug mit Glasglocken bedeckt, ohne allen Magnetismus, standen eine von der andern wenigstens 6 Par. Fuſs entfernt und hatten keine Einwirkung auf einander. Vier Monate lang wurden sie so im Finstern gehalten und von Configliachi anfangs täglich untersucht. Es zeigte sich:

1) Daſs die meisten dieser Nadeln eine Richtung annahmen, die von derjenigen des magnetischen Meridians nur wenig abwich, einige ganz in demselben lagen; von 10 Nadeln war dieses bei 7 der Fall.

2) Einige kamen schon nach 5 bis 10 Minuten im Meridiane

1 Journ. de Phys. Sept. 1813. und G.XLVI. 337.

zur Ruhe, andere, und bei weitem die meisten, erreichten diese Stellung in 12 Stunden, einige bedurften sogar 10 bis 20 Tage.

3) Nadeln, die in Monatsfrist kein Zeichen natürlicher Magnetisirung gaben, nahmen auch später denselben nicht an.

4) Nadeln aus weichem polirten Eisen geben gewöhnlich am frühesten ein Zeichen von aufgenommenem Magnetismus, später die aus einem schwärzlichen harten Eisen und noch viel später die aus Stahl; bei den beiden letztern Arten ist der Magnetismus langsam zunehmend. Lange Nadeln werden schneller magnetisch, als kurze.

5) Diese von selbst magnetisch gewordenen Nadeln zeigten eine etwelche Senkung ihres Nordendes. Bei Nadeln, deren eines Ende schon vor dem Versuche tiefer lag, als das andere, erhielt immer das tiefere Nordpolarität.

Die hier bemerkten Resultate erfolgten im ganz verfinsterten Raume. In einem hellen Zimmer mit weiſsen Wänden zeigten die Nadeln, die übrigens gegen das Sonnenlicht geschützt waren, ganz die nämlichen Erscheinungen. Andere Versuche mit 5 und 6 Fuſs langen Eisenstangen, die bald horizontal, bald vertical aufgehängt wurden, werden hier, als nicht zur Sache gehörig, übergangen.

Configliachi ging nun zu den Versuchen im Sonnenlichte über. Sechs Nadeln aus Eisen und sechs aus Stahl wurden 10 Stunden lang im optischen Zimmer in die durch ein Loch einfallenden Sonnenstrahlen gebracht; allein auch nach einer viel längern Zeit konnte kein bestimmtes Bestreben zum Meridiane an denselben wahrgenommen werden. Lieſs man die Sonnenstrahlen nur auf das eine Ende der Nadeln fallen, so blieb das Resultat dasselbe. Auch Nadeln von schwachem Magnetismus, auf eben diese Weise der Sonne ausgesetzt, erhielten keine Verstärkung ihrer Kraft.

Als man die Sonnenstrahlen durch eine Linse concentrirte, zeigte sich bei den eisernen Nadeln eine schwache Magnetisirung. Noch mehr war dieses der Fall, als man sie in den durch ein Collectivglas verdichteten Focus einer Linse aus Flintglas von 14 Zoll Durchmesser versetzte und zwar in der Richtung der magnetischen Abweichung und Neigung. Allein hier war die bedeutende Erhitzung, die (wie die vorige Ab-

Digitized by Google

theilung lehrt) das Eisen für den Magnetismus empfänglicher macht, die eigentliche Quelle dieser Erscheinung; die eisernen Nadeln nehmen hierbei dreimal mehr Magnetismus an, als die stählernen, was ebenfalls den eben erwähnten Wirkungen der Wärme conform ist.

Im violetten Lichte des Farbenspectrums konnte Configliachi auch nach einer Bestrahlung von mehrern Stunden keine Magnetisirung wahrnehmen; wohl nahmen die Nadeln, wenn sie nach Morichini's Verfahren eine Zeit lang im Meridiane gehalten wurden, etwas terrestrischen Magnetismus an, wie das auch im Finstern der Fall gewesen war. Es schien sogar in ein Paar Versuchen, als ob die rothen und orangefarbenen Strahlen noch wirksamer wären, als die violetten, was durch seinen Widerspruch mit Morichini's Erfahrungen eben das Ungewisse dieser Versuche beweist. Auch in den unsichtbaren chemischen Strahlen auſserhalb der rothen und violetten konnte Configliachi durchaus keine Erregung magnetischer Kraft wahrnehmen, obgleich der Versuch an 12 Nadeln wiederholt wurde. Zur Bestätigung der oben aufgestellten Vermuthung, daſs die Wärme die Hauptquelle des im verdichteten Sonnenlichte entstandenen Magnetismus sey, lieſs Configliachi seine Nadeln in Asche, Salzwasser oder Oel bis über 80° R. hinaus warm werden, wodurch bei mehreren derselben merkliche Polarität, bei einigen, die schon etwas magnetisch waren, auch eine Umkehrung der Pole erfolgte.

Ob *meteorologische Einflüsse* diese Magnetisirung von Eisen und Stahl begünstigen oder erschweren, darüber konnte Configliachi nichts bestimmen. Während der Monate April, Mai und Juni, in welchen er seine Versuche anstellte, entstanden an sechs Tagen Gewitter mit starkem Donner; allein die Nadeln schienen dafür unempfindlich. Er glaubt, aus den angeführten Resultaten folgende Schlüsse ableiten zu können.

1) Die Eisen- und Stahlnadeln, die man gewöhnlich für nicht magnetisch hält, sind selten ohne allen Magnetismus und sie nehmen auf jeden Fall einen Theil desselben im Verlaufe der Zeit an.

2) Dieses geschieht durch die Einwirkung des Erdmagnetismus, welche überdem durch die Richtung und Lage, die man den Nadeln giebt, nämlich diejenige der Abweichungs-

Digitized by Google

und Neigungsnadel, ferner durch Wärme merklich begünstigt wird.

3) Weder das reine Sonnenlicht, noch irgend einer der farbigen Strahlen gehören zu diesen Begünstigungsmitteln, noch viel weniger können sie durch sich die magnetische Kraft mittheilen. Die Wirkung der condensirten Sonnenstrahlen ist einzig der bedeutenden Wärme zuzuschreiben, welche durch sie entwickelt wird.

Während im obern Italien die neue Entdeckung als bloſse Täuschung sich erwies und selbst ein Experimentator von anerkannter Geschicklichkeit, Berard in Paris, nichts herausbrachte, hatten Ridolfi in Florenz und Prof. Carpi in Rom Morichini's Versuche bestätigt gefunden. Nur das Zeugniſs des geistvollen Entdeckers der neuen Metalle, Humphry Davy, der im J. 1814 in Italien mit eignen Augen ein unmagnetisches Stück im violetten Lichte stark magnetisch werden sah, konnte dem schwankenden Glauben an dieses launische Experiment eine Stütze verleihen. Zu ihm gesellte sich im J. 1817 ein anderer englischer Physiker, Playfair, der bei Carpi in Rom den Versuch wiederholen sah und an Doctor Brewster darüber folgenden mündlichen Bericht abgab.

„Eine Nadel aus weichem Eisendraht, die nach vorläufigen Prüfungen weder magnetische Polarität, noch eine Einwirkung auf Eisenfeilicht verrieth, wurde auf einer Unterlage mittelst Wachs horizontal in der Richtung des magnetischen Ost- und Westpunctes festgestellt und ihre eine Hälfte vom Mittel aus nach dem Ende hin mit dem durch eine Linse condensirten violetten Strahle des Prisma eine halbe Stunde lang gleichsam bestrichen. Noch zeigte sich keine Wirkung; als man aber diese Operation noch 25 Minuten lang fortgesetzt hatte und die Nadel nun auf einer Spitze beweglich gemacht wurde, drehte sie sich mit groſser Lebhaftigkeit herum und stellte sich in den magnetischen Meridian, so daſs das Ende, welches im violetten Lichte gestanden hatte, nach Norden gerichtet war und den Nordpol einer andern Nadel abstieſs. Sie zog Eisenfeilspäne an und trug sie; keinem der Anwesenden blieb der mindeste Zweifel, daſs die Nadel ihren Magnetismus der Einwirkung des Lichts verdanke."

Ob die englischen Physiker ein fremdes Experiment vielleicht mit weniger Sorgfalt verfolgten, wie ein eigenes, ob

Digitized by Google

sie zu einer strengern Controle die nöthige Gelegenheit und Muſse gehabt hätten, wissen wir nicht; aber die Sache blieb nach wie vor in Zweifel, bis eine Dame, Lady Sommerville, auftrat und mit den einfachen ihr zustehenden Geräthschaften, mit Nähnadeln und blauen Bändern der streitigen Lehre neue Freunde gewann. In den heitern Tagen des Sommers von 1825 legte sie eine zur Hälfte mit Papier bedeckte Nähnadel von 1 Z. Länge, die beide Pole eines Magnets auf gleiche Weise anzog, im dunkeln Zimmer in das violette Spectrum. Nach zwei Stunden war sie magnetisch, und zwar das dem Lichte ausgesetzte Ende im Nordpol. Die blauen und grünen Strahlen des Farbenbildes thaten die nämliche Wirkung, nur etwas schwächer, dagegen blieben die rothen, gelben und orangefarbnen Strahlen ohne allen Einfluſs. Auch Uhrfedern von 1½ Zoll Länge, die durch Erwärmung von allem Magnetismus befreit waren, wurden eben so magnetisch, und zwar noch schneller als die Nadeln, wahrscheinlich weil sie den Strahlen eine gröſsere Oberfläche darboten und blau angelaufen waren; ein Pfriem jedoch wurde nicht magnetisch, vermuthlich weil seine Masse zu groſs war. Eine concentrirende Linse beförderte die Wirkung auffallend und es zeigte sich, daſs zum Versuche nicht eine gänzliche Verfinsterung des Zimmers nöthig war, sondern daſs es genügte, das Farbenbild an einen Ort hinzuführen, der nicht von directem Sonnenlichte beschienen war.

Nicht nur das violette Licht des Prisma, sondern auch dasjenige, welches gefärbte Gläser durchlassen, zeigte sich wirksam, sobald die eine Hälfte des zu magnetisirenden Eisens wie bisher durch einen Schirm bedeckt war. Das Nämliche leisteten auch grüne Gläser; ja sogar grüne und blaue Bänder, in welchen die Nadeln zur Hälfte eingewickelt (mit Verdeckung des andern Theils) hinter einer Fensterscheibe der Sonne ausgesetzt wurden, erlangten im Verlaufe eines Tages ihre Polarität. Rothe, orange oder gelbe Seide hatte keine Wirkung.

Die schicklichste Stunde zu solchen Versuchen schien die Mittagsstunde bis 1 Uhr zu seyn. Bei vorgerückter Jahreszeit war die entwickelte magnetische Kraft schwächer und weniger lange anhaltend.

Dieses Wiederaufleben einer, wie es schien, in der öf-

Digitized by Google

fentlichen Meinung zu Grabe getragenen Lehre, verbunden mit der anscheinenden Leichtigkeit der Versuche, veranlaſsten den durch mancherlei Leistungen für die Wissenschaft rühmlich bekannten Prof. Baumgartner in Wien, auch von seiner Seite die Aufklärung dieses Räthsels zu versuchen[1]. Er hielt sich an die von Lady Sommerville angegebene Behandlungsweise. Dünnen Eisendraht fand er nach wenigen Minuten im violetten Spectrum so stark magnetisirt, daſs er auf den Pol einer astatischen Doppelnadel stark abstoſsend wirkte. Doch gelang das nicht an jedem Tage, vermuthlich der ungleichen Lichtstärke wegen.

Um die Wirkung gefärbter Gläser zu prüfen, schloſs Baumgartner zwei gewöhnliche Nähnadeln in ein hölzernes, schwarz polirtes Kästchen ein, das zwei einander gegenüberstehende Ausschnitte, wie Fenster, hatte, welche mit violetten Gläsern verschlossen waren. Als sie so in zwei Tagen sieben Stunden lang dem Sonnenlichte ausgesetzt waren, fanden sich beide magnetisch. Der vom Papier entblöſste Theil war der Nordpol. Seine abstoſsende Kraft war jedoch sehr schwach und verlor sich nach einigen Stunden gänzlich. Baumgartner sah bald, daſs es sich hier nicht um das Licht überhaupt, sondern um die Differenz der Beleuchtung beider Hälften einer Nadel handle, so wie in Seebeck's Thermomagnetismus nicht die Wärme überhaupt, sondern nur ihre ungleiche Einwirkung auf die Metalle thätig ist. Da überdem die rothen und gelben Strahlen den Versuchen zufolge gar keinen Magnetismus erzeugten, so konnten sie auch auf denjenigen, den die andern Strahlen hervorriefen, keine Gegenwirkung ausüben, und so fand Baumgartner es rathsam, seine Nadeln dem unzerlegten Sonnenlichte auszusetzen, in welchem die violetten, grünen und blauen Strahlen vereinigt wirken konnten.

Mehrere 3 Zoll lange Stängelchen englischen cylindrischen Stahls von $\frac{1}{4}$ Lin. Durchm. wurden an einer ungemein empfindlichen Magnetnadel untersucht, die aus zwei Stücken einer kleinen Uhrfeder bestand, welche vermittelst einer Art Gabel aus Messing in eine solche Richtung gebracht waren, daſs sie dem Anscheine nach eine einzige Magnetnadel vor-

1 Zeitschr. f. Phys. u. Math. I. S. 263.

stellten, die an jedem Ende zwei gleichnamige Pole hatte und daher fast astatisch war. An dem Messingstücke war ein Hütchen aus Glas angebracht. Traf man in einem jener Stahlcylinder auch nur die geringste Spur eines freien Magnetismus an, so wurde es völlig ausgeglüht und nach dem Erkalten aufs Neue untersucht. Hierbei wurde nicht bloſs darauf gesehn, ob ein bestimmter Pol der Magnetnadel vom einen Ende des zu prüfenden Stahlcylinders angezogen, vom andern abgestoſsen wurde, sondern auch, ob die Anziehung am einen Ende stärker, als am andern sey. Die Abwesenheit des Magnetismus in einem zu prüfenden Stücke wurde nur dann angenommen, wenn dasselbe auf beide Pole völlig gleich wirkte; um hingegen seine Anwesenheit zu bestimmen, muſste es auf einen Pol der Doppelnadel abstoſsend wirken.

Durch einen Zufall wurde Prof. Baumgartner bestimmt, allen seinen Versuchen über den Einfluſs des Lichts nur eine und dieselbe Richtung zu geben. Er hatte nämlich 6 Stahlnadeln, die völlig unmagnetisch befunden worden waren, am einen Ende polirt, um sie daselbst anlaufen zu lassen, am andern hatten sie die Farbe und Oberfläche beibehalten, mit der sie verkauft werden. In diesem Zustande blieben sie einige Stunden lang von einander abgesondert liegen. Als sie nun vor dem Anlassen nochmals untersucht wurden, zeigte es sich, daſs jedes polirte *Ende* ein Nordpol, jedes unpolirte ein Südpol geworden war. Neun andere Stahlstücke zeigten das Nämliche. Hier konnte vielleicht die Operation des Polirens jene Polarisirung bewirkt haben. Bei derselben wurde das Stahlstück in einem Kloben mit messingenen Backen befestigt, auf eine hölzerne Unterlage gelegt, mit einem sogenannten Oelsteine geschliffen und dann mittelst Polirkalks und einem Stück Holz (meistens mit Lindenholz) fein polirt. Die hölzerne Unterlage war jedoch in einem Schraubstocke befestigt, der mit dem magnetischen Meridiane einen Winkel von 45° bildete. Folgender Versuch soll beweisen, daſs der Proceſs des Polirens an der Magnetisirung keinen Antheil hatte.

Eine Nadel wurde, als sie nur unvollkommen polirt war, auf Magnetismus untersucht und völlig unmagnetisch befunden. Das Poliren wurde sodann bis zur Erreichung eines hinreichenden Glanzes fortgesetzt und die Nadel wieder geprüft. Auch da war noch keine Spur von Magnetismus zu entdecken.

Digitized by Google

Als sie aber in diesem Zustande dem directen Sonnenlichte ausgesetzt wurde und man vermittelst einer Loupe verdichtete Sonnenstrahlen auf den polirten Theil leitete, hatte sie nach drei Minuten an diesem Ende einen starken Nordpol, am andern einen starken Südpol erhalten.

Ebendahin leitet auch folgendes Experiment. Ein 2½ Z. langes Stahlstück wurde Nachts bei Kerzenlicht ausgeglüht, dann in völliger Finsterniſs so lange polirt, bis man denken konnte, den erforderlichen Glanz erreicht zu haben, hierauf in eine bleierne Kapsel eingeschlossen, die alles Licht davon abhielt, und bis zum folgenden Tage aufbewahrt. An diesem wurde sie nebst der Kapsel auf Magnetismus geprüft, ohne jedoch dem Lichte den mindesten Zugang zum Stahle zu gestatten, und ganz unmagnetisch befunden. Hierauf wurde die Kapsel geöffnet und die Nadel herausgenommen, sie war ein wenig gebogen und das polirte Ende zeigte einige, obwohl sehr schwache, Spuren eines Südpols. Als diese Nadel eine Stunde auf einem von der Sonne beschienenen Tische gelegen hatte, zeigte sie gar keinen Magnetismus mehr, als man sie aber etwa 3 Minuten an dem polirten Ende mittelst einer concentrirenden Linse von 2½ Zoll Oeffnung beleuchtete, wurde dieses Ende ein sehr starker Nordpol, das andere ein eben so starker Südpol.

Um den Unterschied der Beleuchtung noch gröſser zu machen, wurden die Nadeln vollständig ausgeglüht und ihnen dann am einen Ende die schwarze Oxydhaut gelassen, die das Feuer erzeugt hatte. Sie erlangten, dem Sonnenlichte ausgesetzt, in Kurzem eine so starke Polarität, daſs sie nicht nur in der Entfernung eines Zolles die Magnetnadel afficirten, sondern einige derselben kleine Stücke weichen Eisendrahtes tragen konnten. Zwei Stücke wurden ganz polirt und zeigten weder sogleich nachher, noch auch, als sie 8 Tage dem Sonnenlichte ausgesetzt gewesen waren, die geringste magnetische Kraft. Drei andere Stücke, ganz schwarz gelassen und eben so lange der Sonne ausgesetzt, wurden nicht im mindesten magnetisch. Drei vollständige polirte Stücke wurden, als sie sich bei der Untersuchung als ganz unmagnetisch bewährt hatten, zur Hälfte mit schwarzem Siegellack überzogen und so der Sonne ausgesetzt. Zwei derselben waren nach etwa 6 Stunden magnetisch und hatten am freien Ende ihren Nordpol,

Digitized by Google

jedoch war ihre magnetische Kraft viel schwächer, als die in den frühern Stücken erzeugte. Am dritten Stücke konnte kein Magnetismus wahrgenommen werden. Ein Stück wurde der ganzen Länge nach mit einem hellen Streifen mittelst des Polirens versehn und dann wie die übrigen dem Lichte ausgesetzt, bekam aber keine magnetische Kraft. Drei Stücke wurden in der Mitte polirt, behielten im Uebrigen aber ihre schwarze Oberfläche. Jedes derselben bekam im Sonnenlichte an den beiden Enden einen Südpol, hingegen in der polirten Stelle der Mitte einen sehr starken Nordpol. Genau das Umgekehrte fand statt, als man an drei andern Stücken die Mitte dunkel lieſs und die Enden blank machte. Stahlstücke, auf denen bandförmig die polirten Stellen mit den dunkeln abwechselten, erhielten gewöhnlich so viele Nordpole, als blanke Stellen, und so viele Südpole, als dunkle Ringe sich auf derselben befanden. Auch die Stricknadeln, welche man zu Carlsbad in Böhmen verfertigt und in welchen die Politur wie durch ein blaues schraubenförmig gewundenes Band unterbrochen ist, erhielten an den hellen Stellen Nordpole, an den blauen Südpole. Dieses blaue Gewinde wird jedoch nicht durch Wärme hervorgebracht, so daſs man zur Erklärung dieses Phänomens keineswegs eine Erhitzung der Nadel herbeirufen kann. Polirte Stahlnadeln, mit Rauschgold umwickelt und mit demselben bis zum Blauanlaufen erhitzt und hierauf, ohne die Messingdecke wegzunehmen, dem Lichte ausgesetzt, wurden nicht im mindesten magnetisch.

So war denn durch Baumgartner's Versuche die Hauptfrage über den Einfluſs des Lichts auf den Magnetismus zwar nicht auſser Zweifel gesetzt, aber sie hatten doch durch das eigenthümliche Verhalten der Nadeln, deren eine Hälfte polirt ist, eine neue Stütze erhalten. Dessenungeachtet trat wieder der frühere Stillstand ein, bis im J. 1829 Zantedeschi[1] in der nämlichen Stadt, wo Configliachi's Versuche angestellt worden waren, es auf sich nahm, von dem ungleichen Erfolge dieser Experimente Rechenschaft zu geben und ein sichereres Anstellen derselben zu zeigen.

Er leitete den Sonnenstrahl mittelst eines Heliostaten ins

1 Bibl. Univ. XLI. 64. Poggend. Ann. XVI. 186. Baumgartner's Ztschr. VI. 321.

Digitized by Google

verdunkelte Zimmer, zerlegte ihn in ein horizontales Spectrum und stellte in den violetten Theil desselben, in einer auf den magnetischen Meridian senkrechten Lage, die Enden der zu magnetisirenden Drähte. Diese waren von weichem Eisen, ¼ Lin. dick und 4 Z. lang. Folgendes sind seine Resultate:

1) Ein wohlpolirter Draht erhielt in 5 Minuten am beleuchteten Ende einen Nordpol. Nach 8 Min. hatte er zwei deutliche Pole gewonnen.

2) Im weiſsen Sonnenlichte wurde das beleuchtete Ende nach 5 Min. nur schwach nordpolarisch. Dieses erfolgte an zwei Drähten. Man hatte sich, wie früher, sorgfältig versichert, daſs sie vorher keinen Magnetismus besaſsen.

3) Der violette Strahl kehrte die sehr deutlichen Pole eines Eisendrahtes um und entwickelte sie nach 6 bis 7 Min. sehr merklich in einem andern Drahte, dessen beide Enden vorher gegen einen Magnet eine schwache Abstoſsung gezeigt hatten.

4) Eine magnetische Nadel, mit ihren Enden in den rothen, orangefarbigen, gelben oder grünen Strahl getaucht, erlitt nach 7 Min. keine Aenderung und eben dieses war auch der Fall mit einer ganz unmagnetischen Nadel.

5) Der Südpol eines mit einer Oxydschicht überzogenen und stark magnetisirten (?) Eisendrahtes wurde durch den violetten Strahl nach 3 Min. in einen Nordpol verwandelt.

6) Die beiden Enden eines weichen, wohl polirten und magnetisirten Eisendrahtes wurden im violetten Strahl in 10 Min. beide nordpolarisch.

7) Bei oxydirten Drähten erhält man diese Wirkung in 5 Min.

Als nothwendige Vorsichtsmaſsregeln hebt Zantedeschi Folgendes heraus:

1) Schwefelhaltiges Eisen ist zu diesen Versuchen untauglich, ebenso stark gehärtetes Eisen.

2) Niedrige Temperaturen von — 6 bis + 10° R. geben nur eine zweifelhafte Magnetisirung; das Umkehren der Pole gelingt da gar nicht. Experimentirt man aber bei + 20° bis 26° R., so erhält man überraschende Resultate.

3) Drähte von etwas starkem Durchmesser erhalten nur sehr schwer einen deutlichen Magnetismus.

4) Führt man den violetten Strahl vom Mittel bis zum

Digitized by Google

Ende der Nadel, so erhält man nur schwache und ungewisse Wirkungen[1].

Noch sucht Zantedeschi zu zeigen, daſs nicht chemische Strahlen im Sonnenlichte hier thätig seyen, sondern daſs die violetten Strahlen selbst hier chemisch wirken. Denn nach dem Gange der elektrischen Strömungen im Spectrum, von denen er sich durch den Multiplicator überzeugt habe, müsse der Draht im violetten Lichte einen Südpol erhalten, was der Erfahrung widerspreche. Ebensowenig sey hier eine ungleiche Erwärmung im Spiel; denn sonst müſste, wenn wie oben in Nr. 6. die Nadel in ihrer ganzen Länge erwärmt würde, statt zweier Nordpole gar keine Magnetisirung erfolgen. Auch bei einer künstlich erniedrigten Temperatur seyen die Erscheinungen durchgehends die nämlichen, nur schwächer. Für seine Vermuthung spreche der Umstand, daſs die Verbindungen des Eisens mit Kohlenstoff, aber nicht die mit Schwefel, den Magnetismus annehmen und die künstlich oxydirten Nadeln schneller und stärker magnetisch werden, als nicht oxydirte, und daſs die magnetisirende Kraft des violetten Lichtstrahls mit der Temperatur wachse, abnehme und gänzlich verschwinde. Im violetten Strahle eines Kerzenlichts erhielt Zantedeschi nach dreiviertel Stunden eine schwache Magnetisirung; das Mondlicht war ohne alle Wirkung, vielleicht in Folge der niedrigen Temperatur von + 5 R. Zantedeschi schlieſst mit dem Urtheil, daſs die Magnetisirung im violetten Lichtstrahle nicht vom Himmel Italiens oder Englands, sondern von der Befolgung seiner Vorsichtsregeln abhänge; die Magnetisirung sey übrigens nicht vorübergehend, sondern bleibend, denn seine Drähte und Nadeln seyen auch nach 8 Monaten noch magnetisch befunden worden.

Beinahe gleichzeitig mit Zantedeschi traten in diesem Gebiete zwei Physiker auf, deren Gründlichkeit und Umsicht wir bereits im vorigen Abschnitte (über den Einfluſs der Wärme) kennen gelernt haben und die allerdings es auf sich nehmen durften, der obwaltenden Ungewiſsheit ein Ende zu machen, die Herren Peter Riess und Ludw. Moser. Sie hatten schon im Spätsommer 1828 Morichini's Versuche wie-

1 Man vergleiche hiermit Morichini's und Barlocci's Behauptung.

derholt und die seltsamsten Resultate erhalten. „Bekamen wir,“ sagen sie[1], „auch niemals Nadeln, die zur Armirung von Bousso-„len (!) dienen konnten, so fanden sich doch groſse Verstärkungen, „groſse Schwächungen, gänzliche Umkehrung der Pole so häufig, „daſs wir sie entweder einer noch nicht als gesetzmäſsig er-„kannten Wirkung des violetten Lichts, oder unserer gerin-„gen Sorgfalt zuschreiben muſsten.“ Da die letztere Muthmaſsung sich durch spätere Versuche bestätigte, so fanden die Beobachter sich um so mehr bewogen, nicht nur bei ihren eignen Arbeiten die möglichste Vorsicht anzuwenden, sondern sie auch allen andern, die sich bei diesem Gegenstande versuchen möchten, dringend zu empfehlen. Diese Vorsicht erstreckt sich besonders auf die Prüfungsmethoden so schwacher Magnetismen, auf die Berücksichtigung des überall sich einmischenden Erdmagnetismus, die zufälligen Veränderungen einer Nadel durch Stellung und Lage, Erschütterungen und durch die Einwirkung der Zeit.

Die früher angewandten Prüfungsmethoden bestanden: 1) in der Richtung der Nadel in den Meridian; 2) in ihrer Abstoſsung einer freischwebenden Nadel; 3) in dem Anziehen von Eisenfeilicht. Die erstere finden die Verfasser genügend da, wo es sich darum handelt, einen starken, anhaltenden Magnetismus zu erweisen, nicht aber, wo man es mit höchst schwachen und ungewissen Magnetismen zu thun hat. Mit Recht bezeichnen sie Morichini's Probe durch das Drehen der Nadel auf Spitzen als zu wenig empfindlich und empfehlen dagegen das Aufhängen der Nadel an einem ungedrehten Seidenfaden, wobei das mehr oder minder lebhafte Einstellen derselben in den magnetischen Meridian und die Schnelligkeit der Schwingungen zugleich einen Maſsstab der Intensität an die Hand giebt. Wenn jedoch nach Aussage der Experimentatoren von mehrern Hundert wohl ausgeglühten Nadeln nur zwei oder drei sich fanden, die nicht in wenigen Minuten ein deutliches Streben nach dem Meridiane gezeigt hätten, und vielleicht selbst bei diesen nur zufällige Hindernisse, z. B. eine allzugeringe Masse, der Richtkraft entgegenstanden, so wird man nicht sehr geneigt seyn, auf diese Prüfungsmethode viel Werth zu legen, und die bei Morichini vorkommenden Ausnahmen dürfen unbedenklich

1 Pogg. Ann. XVI. S. 563.

Digitized by Google

der Reibung auf den Spitzen zugeschrieben werden. Ebenso sind auch die Verspätungen dieser Einstellung in den Meridian bei einigen Versuchen Configliachi's nicht gerade dem Erdmagnetismus, sondern einer durch zufällige Erschütterungen gelösten Unbeweglichkeit der Nadeln beizumessen.

Die zweite Methode, die der Abstoſsung einer beweglichen Magnetnadel durch ein Stahlstück, kann nur dann einige Sicherheit gewähren, wenn jene nicht ein solches Uebergewicht von magnetischer Kraft besitzt, um den Magnetismus des letztern zu überwinden. Diese Kraft aber ist stets eine Function des Unterschiedes der Intensitäten und der Massen der beweglichen und der festen Nadel. Bei groſser Nähe geht die Abstoſsung leicht in Anziehung über, und da nach den Versuchen von Musschenbroeck und Dalla Bella die Abstoſsung gleichnamiger Magnetismen mit ihrer gegenseitigen Annäherung in weit geringerem Verhältniſs zunimmt, als die Anziehung der ungleichnamigen, so möchte es weit gerathener seyn, so schwache Magnetismen durch die Wahlanziehung des einen oder andern Pols in gleichen Distanzen zu untersuchen. Allein die ganze Methode ist noch einem Fehler ausgesetzt, dem nur durch besondere Vorsicht ausgewichen werden kann. Wird nämlich das zu prüfende Ende der Nadel nur wenig niederwärts geneigt oder wird sie nicht winkelrecht auf den magnetischen Meridian gehalten, so ist der Erdmagnetismus unausweichlich im Spiele. Es ist in dieser Beziehung wirklich auffallend, daſs keiner der obengenannten Beobachter es der Mühe werth gehalten hat, zu bemerken, ob und wie er gegen diese Gefahr der Täuschung sich geschützt habe.

Die dritte Methode, an sich schon etwas unbestimmt, hat mit der zweiten den Umstand gemeinschaftlich, daſs man, um die Anziehungskraft eines Endes der Nadel zu versuchen, sie meist in geneigter Richtung in die Eisenfeilspähne hält, wodurch das tiefer liegende Ende Nordpolarität erlangt.

Bei der Unzulänglichkeit dieser Prüfungsmittel hielten die Verfasser sich an diejenige Methode, welche heutzutage allgemein zur Messung der magnetischen Intensität und ihrer Aenderung gebraucht wird, nämlich an diejenige der Schwingungen. Die Nadeln hingen an einem Coconfaden und die Zeitmomente wurden nicht nach dem Ende der Schwingungen,

sondern nach ihrer Mitte, d. h. wenn die Nadel durch den Meridian ging, bestimmt, ein Verfahren, das der raschern Bewegung wegen gröſsere Genauigkeit zuläſst. Zugleich wurden die Elongationen genau bemerkt, um die Schwingungszeiten auf eine bestimmte Elongation reduciren zu können, weil man bei so schwachen Nadeln sich nicht mit geringen Amplitüden begnügen konnte. Die Nadel selbst wurde nicht durch einen Magnet abgelenkt, sondern durch einen leicht auszulösenden Kupferhaken in Schwingung gesetzt. Die Nadeln, meistens von englischem Stahl, wurden nicht sogleich nach dem Glühen, sondern erst einige Tage später zu den Versuchen gebraucht, weil die Erfahrung gezeigt hatte, daſs solche Nadeln erst allmälig einen festen magnetischen Zustand annehmen. Das Nämliche wurde bei Nadeln beobachtet, die durch Berührung mit einem Magnete oder durch einen heftigen Stoſs eine Aenderung ihres Magnetismus erlitten hatten.

Bei den Versuchen mit dem violetten Lichte wurde, gemäſs den Angaben Morichini's, die nach Norden gerichtete Hälfte der Nadel in das violette Spectrum eines 3 bis 4 Fuſs entfernten horizontalen Prisma's gebracht, welches im verfinsterten Zimmer den Sonnenstrahl auffing. Die Nadel wich allmälig von der Nordrichtung ab, so daſs sie nach ein Paar Stunden in Ost und West zu liegen kam. In jedem Spectrum befand sich eine solche Nadel von 1½ bis 2 Zoll Länge und 0,4 Lin. Dicke; unfern von ihr im Dunkeln neben dem Spectrum eine zweite Nadel, um die Aenderungen anzugeben, welche die Erschütterungen des Schirms hervorbrachten. In 22 Versuchen vom 24. Juli bis 10. Aug., die meist des Vormittags von 8¼ bis 11½ Uhr auf diese Weise vorgenommen wurden, zeigten 15 Nadeln 10mal eine Vermehrung der Schwingungszeit von 0,8 Secunden im Mittel, 8mal eine Verminderung von 1 Sec. und 4mal keine Aenderung derselben. Die mittlere Schwingungszeit aller Nadeln betrug 26,3 Sec. Es wäre also unmöglich, auf diese Versuche irgend eine Zunahme oder Erweckung von Magnetismus zu gründen, sondern die gefundene Vermehrung und Verminderung der Intensität von beiläufig 7 Procent ist den unvermeidlichen Störungen und Anomalieen so schwacher Kräfte und so langsamer Schwingungen zuzuschreiben.

Es wurde auch die Methode des Bestreichens der Nadeln

mit dem violetten Lichte versucht. Dieses geschah mittelst einer Linse von 1,2 Zoll Oeffnung und 2,3 Zoll Brennweite, dergestalt, daſs ein kleiner blauer Kreis sich von der Mitte der Nadel über ihre nördliche Hälfte nach der Spitze hin langsam fortbewegte. Hier das Detail der Versuche.

Tag der Vers.	Nadel	Dauer der Versuche	Zeit einer Schwingung		Bemerkungen.
			vorher	nachher	
9. Apr.	1	10″ — $11\frac{1}{2}$″	18″,5	17,0	
27. -	2	$9\frac{1}{2}$ — 11	27, 5	27,5	N. gegen W.
12.Jun.	3	$8\frac{1}{2}$ — 12	17, 4	19,0	N. g. W. 200 Striche
2.Jul.	4	$9\frac{3}{4}$ — $11\frac{3}{4}$	22, 4	20,2	N. g. O. 250 -
11. -	5	$8\frac{1}{2}$ — $10\frac{1}{4}$	22, 2	22,4	N. g. O. 100 -

Die Nadeln 1 und 4 zeigen eine kleine Vermehrung der Intensität, Nr. 3 und 5 eine Verminderung derselben; Nr. 2. ist unverändert.

Diese fünf Nadeln waren unpolirt. Es wurden nun nach dem Beispiel der Lady Sommerville polirte Nadeln und Uhrfedern, einige derselben nach den Enden zugespitzt, angewandt und wie vorhin mit 100, 200 bis 500 und mehr Strichen überfahren. Ihr Südende war in eine Papierhülse gesteckt. Das Mittel aus 25 Versuchen mit 16 verschiedenen cylindrischen, zugespitzten und platten Nadeln giebt die Mittelzahl einer Schwingungszeit 19,23 Sec. vor dem Bestreichen und 19,39 Sec. nach demselben, woraus eine Verminderung des Magnetismus erfolgen würde. Die mittlere Dauer des Versuchs war von $8\frac{3}{4}$ U. bis $11\frac{1}{4}$, also $2\frac{1}{2}$ Stunden. Eine dieser Nadeln Nr. 9. mit dünn geschliffenen Enden zeigte, nachdem sie in verschiedenen Malen $17\frac{1}{2}$ Stunden dem violetten Lichte ausgesetzt gewesen und 1325 Striche erhalten hatte, keine Spur einer Zunahme von Magnetismus, während Morichini nur 15,20, höchstens 30 Min. gebrauchte, um einen vollständigen und starken Magnetismus hervorzubringen.

Die gänzliche Unwirksamkeit des violetten Strahls ergab sich noch auf eine andere Weise. Das eine Ende einer unmagnetischen Nadel wurde dem Südpole einer beweglichen Magnetnadel so nahe gebracht, daſs diese, die vorher 12 Oscillationen in 52,2 Sec. vollendet hatte, nun 49,5 Sec. dazu gebrauchte. Nun wurde der violette Lichtstrahl auf jenes

Ende gelenkt, auch die Nadel von Zeit zu Zeit mit dem condensirten violetten Lichte 100 bis 200mal bestrichen. Dadurch hätte die Nordpolarität dieses Endes erhöht, mithin die Schwingungszeit der nahen Magnetnadel vermindert werden sollen; allein sie blieb nach 1 und 2 Stunden bis auf die Zehntelsecunde unverändert auf 49,5 Sec. Selbst als das untere Ende eines magnetischen Drahtes in verticaler Stellung dem Südpole einer Nadel, die unter einer kleinen Glasglocke am Seidenfaden aufgehängt war, gegenüberstand und das violette Spectrum auf diese untere Hälfte hingeleitet wurde, zeigte sich, ungeachtet der für die Entwickelung des Magnetismus so günstigen Lage, keine Spur von Verstärkung. Die Nadel, die für sich 30 Schwingungen in 50,2 Sec. vollendete, machte dieselben zu Anfang, in der Mitte und am Ende eines zweistündigen Versuchs genau in 48,7 Sec. und die nämliche Gleichförmigkeit ergab sich noch bei einem dritten Versuche.

Nach diesen Erfahrungen schien es überflüssig, die Wirkung violetter Gläser und Bänder einem Versuche zu unterwerfen oder gar die Kraft des Mond- und Kerzenlichtes in Prüfung zu nehmen.

In Betreff der Versuche Baumgartner's mit polirten und unpolirten Nadeln fanden Riess und Moser allerdings die Bemerkung bestätigt, daſs schon durch das Poliren die eine Hälfte der Nadel Nordpolarität erhalte. Sie schreiben dieses dem Umstande zu, daſs die Nadel bei diesem Geschäfte nach Norden gerichtet und mit diesem Ende etwas gesenkt war, wodurch der Erdmagnetismus ins Spiel kam. Richtung nach Süden und Erhebung des dorthin gerichteten Endes erzeugte augenblicklich Südpolarität. Allein auch hier erfordert es die Prüfung einiger Tage, ehe man sich eines bleibenden magnetischen Zustandes der Nadel versichern kann. Die zu untersuchenden Nadeln, an denen polirte und dunkle Stellen mit einander abwechselten, wurden in verticaler Stellung einer kleinen Magnetnadel von 1,8 Zoll Länge nahe gehalten, die unter einer Glasglocke spielte und erhöht und erniedrigt werden konnte. Sie brauchte zu 30 Oscillationen für sich 51,6 Sec. und, wenn sie den polirten Stellen gegenüberschwang, im Mittel aus 25 Beobachtungen 51,22 Sec., vor den dunkeln Stellen im Mittel aus 27 Beobachtungen 49″,93. Die Veränderung der Schwingungszeiten, die nicht über 0″,8 ging und in beiden Beob-

achtungsreihen nur etwa 7mal statt fand, betrug im Mittel — 0″,43 und + 0″,40 bei den polirten Stellen, bei den unpolirten — 0″,31 und + 0″,40, d. h. bei den 25 Beobachtungen an den polirten Stellen wurde die Schwingungszeit siebenmal um 0″,43 durch die Einwirkung des Sonnenlichts verkürzt und in sieben Fällen um 0″,40 verlängert, eilfmal blieb sie ganz ungeändert, und fast eben so ging es auch, wenn die Nadeln vor und nach der Bestrahlung der dunkeln Stellen untersucht wurden. Beweis genug, daſs hier so gut als gar kein Magnetismus vorhanden war.

Da sich an einer Nadel kein alternirender Magnetismus der dunkeln und hellen Stellen ergeben wollte, so begnügte man sich, an zweipoligen Nadeln, d. h. solchen, deren halbe Länge polirt war, den Einfluſs des Sonnenlichts zu versuchen. Es wurde hierbei häufig das concentrirte Licht angewandt, indem man das polirte Ende der Nadel einige Minuten in den erleuchteten Raum ungefähr ¼ Zoll vor dem Brennpuncte einer Linse von 1,8 Zoll Oeffnung und 6,0 Z. Brennweite brachte. Die hierbei zuweilen statt findende Schwächung der Nadel kommt auf Rechnung ihrer bedeutenden Erhitzung durch die Linse. Aus 36 Versuchen mit 25 Nadeln ergab sich die Zeit einer einfachen Schwingung im Mittel = 30″,27 vor dem Versuche. An 19 Nadeln erfolgte durch die Wärme der Sonne und die Anwendung des Brennglases eine Vermehrung der Schwingungszeit, die sich auf 0″,66 im Mittel belief, während nur bei 10 Nadeln eine Verminderung derselben oder eine Zunahme von Magnetismus sich zeigte, die nicht über 0″,33 ging. Die mittlere Dauer der Versuche war zwischen 8 bis 1 Uhr = 3½ Stunden; 30 Nadeln hatten (schon vor dem Versuche) am polirten Ende einen schwachen Nordpol, 5 einen Südpol, eine war ohne Polarität. Spätere Versuche mit unpolirten Nadeln gaben ebenso ungewisse Resultate. Noch wurde, um die Wirksamkeit des weiſsen Lichts am besten hervortreten zu machen, wie oben der polirte Nordpol einer solchen Nadel dem Südpole einer beweglichen Nadel nahe gebracht und so der Sonne ausgesetzt; allein die letztere, die für sich in 49,5 Sec. 30 Oscillationen machte, beschleunigte unter dieser Einwirkung dieselben auf 42,0 Sec., blieb aber genau bei dieser Zahl, selbst als die Sonne jenes Nordende 60, 70, 100 Minuten beschienen hatte.

Digitized by Google

Zantedeschi's Versuche einer Controle zu unterwerfen schien den genannten Experimentatoren um so überflüssiger, da er nicht, wie alle seine Vorgänger, mit Stahlnadeln, sondern mit Nadeln von weichem Eisen gearbeitet hatte, bei denen man allen wechselnden Einflüssen des Erdmagnetismus gänzlich preisgegeben ist. Daher auch seine Widersprüche mit den Behauptungen Morichini's selbst, sey es in Beziehung auf die Temperatur, bei welcher die Versuche gelingen sollen, oder in Betreff der Wirksamkeit des von jenem empfohlenen Bestreichens mittelst der Linse.

Noch war ein Versuch übrig geblieben, den die frühern Experimentatoren unterlassen hatten, nämlich die Prüfung des polarisirten Lichts auf den Magnetismus. Riess und Moser setzten am 27. Sept. eine weiche stählerne Nadel dem durch einen schwarzen Spiegel polarisirten Sonnenlichte aus und lieſsen sie eine Stunde in dieser Lage, wandten auch die Verdichtung mittelst der Linse an. Der Spiegel mit der Nadel wurde sodann um 90° gedreht, so daſs er in die Lage kam, in welcher das Licht transmittirt wird. In beiden Fallen jedoch erlitt der magnetische Zustand der Nadel nicht die geringste Aenderung. Das Nämliche zeigte sich an zwei andern Nadeln, von 2½ Zoll Länge, die aus geglühten schmalen Uhrfedern gebildet worden waren, als sie 1½ Stunden im polarisirten violetten Strahle, zur einen Hälfte bedeckt, gelegen hatten.

Durch diese mit groſser Vollständigkeit, mit ungemeiner Mühe und Sorgfalt durchgeführte Untersuchung wird es mehr als wahrscheinlich, daſs der angenommene Einfluſs des Sonnenlichts auf den Magnetismus nur *auf den Prüfungsmethoden* beruhe, die von den einen oder andern Physikern angewandt wurden. Schon oben sind diese in ihrer ganzen Gefährlichkeit dargestellt worden, und die negativen Erfahrungen mehrerer berühmter Physiker, zu denen sich in der neuesten Zeit auch Pouillet[1] gesellt hat, lassen kaum eine Rechtfertigung der frühern Versuche erwarten. Bei der Incoercibilität des magnetischen Stoffes, der uns wie die feinen elektrischen Wirkungen überall umgiebt, überall sich eindrängt, hält es äuſserst schwer, für so schwache Magnetismen reine und feste

1 Élémens de Physique. I. 2. p. 527.

Digitized by Google

Bestimmungen zu erhalten, und in dieser Hinsicht dürfte auch die Methode der Schwingungen bei so unbedeutenden Kräften nicht immer entscheidend genug seyn. Besser möchte sich zu diesen Untersuchungen die zweite der von den Berliner Physikern angewandten Methoden eignen [1], wo durch die Schwingungen einer kleinen gut magnetisirten beweglichen Nadel, die dem einen Pole des zu prüfenden Stahlstückes nahe gebracht ist, die Aenderungen seines andern Poles geschätzt werden. Auch dürfte eine auf Erfahrungen gegründete Vergleichung der von den einen und andern Physikern versuchten Methoden in Beziehung auf Empfindlichkeit und Zuverlässigkeit nicht überflüssig seyn.

So wenig wir auch nach dem Gesagten berechtigt seyn mögen, von einem Lichtmagnetismus zu sprechen, so dürfte es dennoch bei der Geringfügigkeit unsrer Kenntnisse über dieses wundervolle Fluidum noch zu voreilig seyn, die Acten hierüber für geschlossen zu erklären. Vor Oersted waren ganze Bücher für den Nichtzusammenhang der Elektricität und des Magnetismus geschrieben worden, und welchen Reichthum von Berührungen dieser beiden Stoffe hat uns nicht der Elektromagnetismus aufgeschlossen! Noch ist die Sache zu neu, um in die Rüstkammer der ältern Irrthümer verwiesen zu werden, und wenn auch später ihr dieses Schicksal bevorstehn sollte, so war es doch Pflicht, bei der Darstellung des Zustandes der Wissenschaft in diesem Puncte die ursprünglichen Data unverstümmelt und unentstellt zur eignen Beurtheilung des Lesers darzulegen, um so mehr, da es unpassend gewesen wäre, die treffliche Widerlegung der neuesten Forscher aufzunehmen, ohne die Thesis derselben in ihrer gehörigen Ausdehnung vorangeschickt zu haben.

Noch bleibt uns übrig, der Versuche zu erwähnen, durch welche ein sehr fleiſsiger Experimentator, Christie, verleitet worden war, eine Verstärkung des Magnetismus durch die Sonnenstrahlen zu vermuthen [2]. Seine Versuche über die Schwächung des Magnetismus durch die Wärme hatten ihn veranlaſst, die Schwingungen einer frei aufgehängten Magnetna-

---

1 In d. Abh. von Riess und Moser. Pogg. Ann. XVI. S. 581 u. 586.

2 Philos. Trans. f. 1826. u. Baumg. Zeitschr. III. 96.

Digitized by Google

del im Schatten und in der Sonne zu vergleichen. Statt einer Verlängerung der Schwingungszeit fand er jedoch zu seiner Verwunderung diese vermindert, dabei aber, was einer Verstärkung des Magnetismus entgegenstand, die Schwingungsbogen selbst durch die Sonne merklich verkleinert. Eine Nadel, bei der man, wenn sie im Schatten schwang, leicht noch die 50ste Oscillation unterscheiden konnte, kam, von der nämlichen Elongation ausgehend, in der Sonne schon bei der 40sten zur Ruhe. Begreiflich trat auch mit der Verminderung der Schwingungsbogen eine Verminderung der Schwingungszeiten bei dieser Nadel schneller ein, als bei der andern. Um sich zu überzeugen, ob hier eine magnetische Wirkung im Spiele sey, lieſs Christie drei 6 Zoll lange Nadeln von ziemlich gleicher Gestalt und Gröſse, eine magnetisirte Nadel von Stahl, eine von Kupfer und eine von Glas in einem hölzernen Gefäſse oscilliren. Die erste war an einem sehr feinen Metallfaden Nr. 35, von 10 Z. Länge, die zweite an einem stärkern Drahte (Nr. 18.) und die dritte an zwei solchen Drähten aufgehängt, um durch die Elasticität der Torsion die Schwingungen bei allen dreien auf die gleiche Zeit zu bringen. Die Magnetnadel und die Glasnadel wogen jede 225 Gran[1], die Kupfernadel 543 Gran. Alle wurden um den Ausschlagwinkel von 90° von ihrer ursprünglichen Lage abgelenkt, jede dreimal auf 100 Schwingungen probirt und erreichten folgende Ausſchlagwinkel.

	Zeit von 100 Schwingungen		Ausschlag-Bogen am Ende v. 100 Schwing.		Thermometer Fahrenheit.	
	in d. Sonne	im Schatten	in d. Sonne	im Schatten	in d. Sonne	im Schatten
Magnetnadel	5′55″,2	5′58″,7	19°,7	33°,5	103°,3	50,5
Glasnadel	6 27,2	6 27, 1	17, 6	22, 7	98, 3	47,7
Kupfernadel	7 40,1	7 39, 5	24, 0	30, 7	98, 0	50,0

Man sieht, daſs das Sonnenlicht die Elongationen aller drei Nadeln, diejenigen der Magnetnadel aber am meisten verkleinert. Der Einfluſs war also nicht rein magnetischer Natur; auch läſst das ungleiche Volumen und Gewicht der Nadeln und die unbekannte Torsionskraft der erwärmten Aufhängungsdrähte keine genaue Vergleichung zu.

1 Sie waren also doch an *Gröſse* verschieden.

Digitized by Google

Später im J. 1828 nahm Christie diese Versuche aufs Neue vor. Er lieſs zwei gleiche stählerne Nadeln, von 6 Z. Länge und 1,5 Zoll Breite in der Mitte, mit abgerundeten Enden an Drähten schwingen. Die eine Nadel war magnetisch, die andere nicht; doch machte sie vermöge der gröſsern Elasticität des Aufhängungsdrahtes nahe ebenso viele Schwingungen. Alles Metall war auf mehrere Fuſs entfernt. Es war nach der 100sten Schwingung

	der Ausschlagwinkel		Temperatur.	
	in der Sonne	im Schatten	in der Sonne	im Schatten
bei der magnetischen Nadel	16°,5	31°,4	107°,3 F.	57°,8 F.
bei der unmagnetischen Nadel	18,8	26,1	116,7	65,0

Die Differenz der Schwingungsweiten in Sonne und Schatten ist also bei der magnetischen Nadel fast doppelt so groſs, als bei der unmagnetischen (14°,7 : 7°,3), während die Differenz der Temperaturen (49°,5 und 51°,7) nur wenige Grade beträgt. Als etwas Merkwürdiges führt Christie den Umstand an, daſs die Sonnenstrahlen einige Zeit gebrauchten, um ihre volle Wirkung hervorzubringen, und er schreibt dieses ihrer erwärmenden Kraft zu. Als diesen Nadeln noch eine kupferne und eine gläserne Nadel beigesellt wurde, erhielt man folgende Resultate.

	Ausschl.-Diff.	Temperatur im Schatten	Temperatur in d. Sonne	Diff.
Magnetische Nadel	12°,7	85°,7 F.	152°,4 F.	66°,7
Unmagnetische -	7,3	75,3	148,3	73, 0
Kupferne -	5,1	80,0	139,0	59, 0
Gläserne -	6,3	74,2	132,2	58, 0

Die vorerwähnten Versuche wurden im April angestellt; im Juli war des stärkern Sonnenlichts ungeachtet die Wirkung nicht gröſser. Es war nämlich

Digitized by Google

	Ausschl.-Diff.	Temperatur im Schatten	in der Sonne	Diff.
im April	14°,9	57°,8 F.	107°,3	49°,5
im Juli	11,5	83,3	146,4	63,1.

Noch wurde die magnetische Nadel dem Einfluſs gefärbten Sonnenlichts ausgesetzt und zwar mit und ohne Condensirung, welche letztere durch eine Linse von 11 Zoll Oeffnung bewerkstelligt wurde. Die Nadel schwang in einem cylindrischen Gehäuse von 9 Zoll Durchmesser, dessen innere Temperatur durch ein Weingeist-Thermometer angegeben wurde.

	Letzer Ausschl.-Winkel.	Temp. des Gehäuses.
Im Schatten	20°,1	90°,7 F.
In der Sonne	9,7	121,6
Unt. e. rothen Glase	12,8	119,5
Unt. d. Brennpunct der Linse	5,8	148,5
Unt. Einfluſs der Linse und eines rothen Glases	12,9	162,9
Unt. Einfluſs der Linse und eines blauen Glases	15,5	162,9

Diesen Versuchen zufolge wäre es hauptsächlich die Intensität des Lichts und nicht die dadurch erzeugte Wärme. Rothe Strahlen wirken stärker als blaue.

Um diesen Punct ins Klare zu bringen und das Licht auszuschlieſsen, schloſs Christie die Nadeln in ein thönernes Gefäſs von 7,5 Z. Durchmesser und 1,2 Z. Höhe, das von Auſsen mit Wasser erwärmt werden konnte. Ein im Gehäuse befindliches Weingeistthermometer gab die Temperaturen an. Man erhielt folgende Resultate.

	Temp. des Gehäuses		Diff.	Letzter Ausschl.-w.		Diff.
Magn. Nadel	138°,0 F.	62°,9 F.	75°,1	34°,1	29°,1	5°,0
- -	126,3	51,1	75,2	36,7	32,6	4,1
- -	136,7	51,5	85,2	39,7	33,9	5,8
Unmagn. -	137,7	49,1	88,6	26,1	21,7	4,4
Kupferne -	136,5	56,7	79,8	32,1	28,1	4,0
Gläserne -	138,8	52,2	86,6	31,7	26,3	5,4.

Digitized by Google

Es ist also hier die verminderte, nicht die erhöhte Temperatur, welche die Oscillationen auf ein geringeres Maſs reducirt. Auch ist diese Wirkung für alle Nadeln so ziemlich die nämliche. Christie schreibt diese Behinderung der Schwingungen dem Widerstande der umgebenden Luft zu, die in der Kälte dichter ist, als in der Wärme.

Durch diese und die frühern Versuche verleitet will Christie der Wärme keinen Einfluſs auf die Verminderung der Schwingungsbogen gestatten, sondern er glaubt, die Ursache im Sonnenlichte selbst suchen zu müssen. Wohl spricht er von Strömungen, welche am Rande der Nadel aufsteigen können, weil die unter der (schmalen) Nadel befindliche Luft im Schatten derselben sich befinde (?), also kälter sey, als die obere. Allein diese Wirkung wäre für alle Nadeln dieselbe und vermag also nicht den bei magnetischen und unmagnetischen Nadeln beobachteten Unterschied zu erklären. Haben, fragt er, vielleicht das Licht und das magnetische Princip eine verschiedene Dichte und stellt das Licht dem magnetischen Fluidum ein Hinderniſs in den Weg? Oder wird in den Lichtstrahlen bei ihrem Vorbeigehn an der Magnetnadel selbst ein Magnetismus erzeugt, durch welchen sie wie bei Arago's Rotationsversuchen die Nadel aufhalten? Immerhin glaubt Christie diese unerklärlichen Erscheinungen mit der angenommenen Magnetisirung des Eisens durch das Licht in enge Verbindung setzen zu müssen und behält sich vor, durch kräftige Versuche mit Abweichungs- und Neigungsnadeln, in verschiedenen Jahreszeiten und verschiedenen Azimuthen der Sonne angestellt, durch Schwingungen im Meridiane und senkrecht auf denselben, dem Geheimniſs näher zu kommen.

Schon zwei Jahre früher, bald nach Christie's ersten Versuchen, hatte Baumgartner[1] über diesen Gegenstand Versuche angestellt, die, wenn sie jenseit des Canals bekannt geworden wären, die spätern fruchtlosen Bemühungen dem englischen Physiker erspart haben würden. Sie unterscheiden sich jedoch von den letztern dadurch, daſs die Versuche nur mit magnetischen, nicht auch mit andern Nadeln gemacht wurden. Da sie nicht zur Unterstüzung einer vorgefaſsten Erklärungsart, sondern lediglich zur Auffindung des Wahren in der Sache angestellt wurden, so möge auch hier eine kurze

1 Zeitschr. f. Phys. und Math. III. S. 157.

Aufzählung derselben vorangehn, um die darauf gegründete Erklärung dann folgen zu lassen. Der Apparat bestand in Folgendem.

Eine Nadel von 3 Zoll Länge, die 97,5 Gran wog, war in einem gläsernen, an untern Rande eingetheilten, Cylinder an einer Leinfaser so aufgehängt, daſs sie 1 Z. hoch vom Boden abstand. Der Cylinder ruhte auf einem Gestelle von Ahornholz, das vermittelst drei hölzerner Stellschrauben so berichtigt werden konnte, daſs der Faden genau im Centrum der Theilung hing. Durch einen Magnet wurde die Nadel bis zur beabsichtigten Schwingungsweite abgelenkt und derselbe, wenn diese eintraf, weit weggeworfen. Zum Beschatten der Nadel diente ein Schirm aus Pappendeckel. Die folgende Tafel giebt nebst dem ursprünglichen Schwingungsbogen denjenigen an, welchen die Nadel nach 20 Schwingungen erreichte. Hierbei fanden sich die Schwingungszeiten oft sehr verschieden, man mochte in der Sonne, im Schatten, im Zimmer oder auf dem freien Felde operiren. Diese Ungewiſsheit verschwand jedoch, als man anfing, sehr harte Nadeln anzuwenden. Da zeigten sich im Sonnenlichte oder im Schatten keine Verschiedenheiten der Schwingungsdauer.

	Ausschlagbogen.	Nach 20 Schwingungen.	
	Anfangs	In der Sonne	im Schatten
	20°	$14\frac{1}{2}$°	15°
	40	24	32
	60	40	44
Später	40	28	29
	20	15	$15\frac{1}{2}$

Als die Nadel fünf Mal mit einem mäſsig starken Magnete bestrichen worden war,

40	$30\frac{1}{2}$°	$31\frac{1}{2}$
20	$15\frac{1}{2}$	$16\frac{1}{2}$

Fünf nachfolgende Bestreichungen konnten den Magnetismus nicht mehr steigern. Das Thermometer war nach wie vor auf 23° C. Die Verstärkung des Magnetismus in der Nadel wirkte also der Verminderung der Schwingungsbogen entgegen. Die Dauer der 20 Oscillationen war von 1′ 23″ auf 1′ 6″,25 heruntergekommen.

Daſs eine schwerere Nadel vom Einflusse der Sonne weniger leide, als eine leichtere, erwies Baumgartner durch eine Reihe

von Versuchen mit einer Nadel von 60 und einer von 532,5 Gr. Durch das Sonnenlicht wurde der Schwingungsbogen der leichtern bedeutend vermindert, bei der schwerern hingegen zeigte sich in der Sonne und im Schatten kein Unterschied. Eine möglichst gehärtete Nadel von 4 Z. Länge und 60 Gran Gewicht kam im Schatten nach 20 Schwingungen von 60° auf 49° Schwingungsbogen herunter. Wurde sie hingegen vermittelst zweier Spiegel vom reflectirten Sonnenlichte beleuchtet, so ging sie bis auf 47°,5. Die Zeitdauer war die nämliche in beiden Fällen. Die Richtung des Lichts hatte auf das Resultat keinen Einfluſs, es mochte den Apparat von der Seite in irgend einem Azimuthe oder von oben herab bestrahlen. Im gänzlich verfinsterten Zimmer nahm der Ausschlagwinkel in 20 Sec. von 60° bis 42° ab. Das Nämliche war der Fall, wenn man das Licht durch eine 6 Lin. im Durchm. haltende runde Oeffnung in das Zimmer dringen lieſs, ohne daſs der Sonnenstrahl den Apparat treffen konnte. Wurde er aber durch einen Spiegel darauf hingeleitet, so ging die Verminderung bis auf 40°. Ein Versuch, bei welchem fünf Glasglocken successiv über einander gestellt wurden, zeigte zwar eine Vermehrung der Hitze im innersten Cylinder, die bei Anwendung der ersten Glocke von 23° C. auf 43° C. stieg, sich aber nachher nicht vermehrte; allein der Schwingungsbogen wurde durchgehends von 60° auf 40° gebracht und auch die Schwingungsdauer von 1′ 10″ erlitt keinerlei Aenderung. Das glänzende Licht einer Zündkerze, die aus einem Gemisch von Salpeter, Schieſspulver und Spieſsglanz bestand, hatte nicht die mindeste Einwirkung. Die Nadel kam in diesem Lichte, so wie im Finstern, von 60° auf 44°. Noch wurden die Farbenbilder des Prisma's vermittelst eines Spiegels auf die Nadel hingeleitet. Bei den Farben Roth, Gelb, Grün kam sie von 60° auf 40°, beim Blau auf 40°,5 und beim Violett auf 41°. Hier erwiesen sich also diejenigen Farben, denen man sonst einen besondern Einfluſs auf den Magnetismus zuschrieb, gerade am unkräftigsten.

Baumgartner schlieſst aus seinen Versuchen:

1) Die Verminderung des Schwingungsbogens einer horizontal schwingenden Magnetnadel im Sonnenlichte rührt nicht von einer magnetischen Kraft des Sonnenlichtes her; denn sonst würde sie *a*) bei stark magnetisirten Nadeln wirksamer

Digitized by Google

hervortreten, als bei schwach magnetisirten, und es wären *b*) nicht gerade diejenigen Farben des Prisma's, welche nach Morichini's Versuchen die stärkste magnetische Kraft haben sollten, die unwirksamsten.

2) Die fragliche Einwirkung ist eine Folge von Strömungen und Wirbeln, welche durch die Erwärmung von auſsen in der eingeschlossenen Luft des Gehäuses der Magnetnadel hervorgebracht werden.

Zum Beweise dieser Behauptung setzte Baumgartner (zuerst in der Absicht, die Einwirkung des Bodens auf den Ausschlagwinkel zu vermeiden) die Glasglocke, in welcher die Nadel zu schwingen hatte, auf ein frei an der Wand befestigtes Gestell, das unten offen war. Etwa 1¼ Fuſs unter demselben befand sich die Fläche eines Tisches. Als diese von der Sonne beschienen wurde, während der Apparat im Schatten stand, ging der Schwingungsbogen in 20 Oscillationen von 60° auf 36° herunter, da er vorher selbst im directen Sonnenlichte nur auf 40° sich vermindert hatte. Er leitete dann das Sonnenlicht mittelst eines Spiegels von oben auf die Magnetnadel herab und fand die nämliche Verminderung, wie vorhin; ein Beweis, daſs das Licht selbst hier keinen merklichen Einfluſs hatte. Ein gläserner Boden, der am Glascylinder angebracht wurde, machte, daſs die Schwingungsbogen von 60° auf 40°,5, im directen Lichte auf 40° zurückgingen. Noch auffallender bestätigte sich Baumgartner's Vermuthung, als er unter dem offenen Glascylinder eine Weingeistflamme in solcher Entfernung anzündete, daſs man in der Gegend der Nadel nichts von einer Erwärmung bemerkte. Dieſs wirkte noch kräftiger, als Sonnenlicht; denn der Schwingungsbogen sank während 20 Schwingungen von 60° auf 31° herab. Baumgartner nimmt hierbei an, daſs im verschlossenen ruhigen Gefäſse die Nadel der Luft eine gewisse Geschwindigkeit nach der Richtung ihrer Bewegung ertheile, die, wenn sie auch mit jeder Oscillation umgekehrt wird, dennoch während derselben ihr weniger Hinderniſs entgegensetzt; wird aber in Folge einer örtlichen Erwärmung, die zunächst den Boden des Gefäſses trifft, die gleichförmige Temperatur der Luft gestört, so entstehn aufwärtsgehende und wieder herabsinkende Strömungen, welche, indem sie die horizontale Bewegung der Nadel senkrecht durchschneiden, von

Digitized by Google

ihr keine Seitengeschwindigkeit annehmen können. Wird das ganze Gefäſs durchgehends erhitzt, wie bei den übereinander gestürzten Glasglocken oder bei Christie's stark erwärmten Gefäſsen, so hört dieser Kreislauf auf, und auch eine vermehrte Hitze vermag keine gröſsere Störung hervorzubringen. Daſs übrigens das Sonnenlicht hier nur durch seine Erwärmung wirke, zeigte der starke Effect der Weingeistflamme mit Ausschluſs des Sonnenlichts. Auch erhellet dieses aus der Bemerkung Christie's, daſs die Sonnenstrahlen einige Zeit gebrauchten, um ihre volle Wirkung hervorzubringen. Baumgartner unterstützt diese Wahrnehmung noch durch einen directen Versuch. Er bedeckte den Boden des Gefäſses, in welchem die Nadel oscillirte, mit schwarzem Papier und lieſs dann das Sonnenlicht auf den Apparat fallen. Sogleich nachdem er den Ausschlagwinkel am Anfang und am Ende von 20 Oscillationen beobachtet hatte, rückte er einen papiernen Schirm vor und wiederholte unverweilt den Versuch im Schatten. Er erhielt dasselbe Resultat. Später jedoch, als die Wärme des Apparats sich ausgeglichen oder zerstreut haben mochte, trat wieder der gröſsere Ausschlagwinkel ein.

Noch ist freilich Christie's Behauptung, daſs ein magnetisirter Stab eine fast doppelt so groſse Verminderung seiner Schwingungsbogen erleide, als ein unmagnetisirter, hiedurch nicht erledigt, allein die Schwierigkeit, hierüber einen reinen Versuch anzustellen, d. h. die Schwingungen der unmagnetisirten Nadel mit denen der magnetisirten isochronisch zu machen, ohne in die Art der Aufhängung neue Verschiedenheiten und Complicationen hineinzubringen, gestattet uns, jene Behauptung als unerwiesen bei Seite zu lassen. Dagegen würden Versuche im luftleeren, nicht bloſs verdünnten Raume nach Baumgartner's Bemerkung sehr geeignet seyn, unser Urtheil über diese Sache zum Ziele zu bringen.

XIV. Chemische Wirkungen des Magnetismus.

Schon die frühern Physiker, Boyle und später Musschenbroek, hatten es sich zur Aufgabe gemacht, den Magnet mit andern Stoffen in chemische Verbindung zu bringen,

Digitized by Google

indem sie pulverisirten Magnetstein mit verschiedenen Säuren und Salzen, bald auf nassem, bald auf trockenem Wege, behandelten. Der fleiſsige holländische Experimentator erschöpfte sich hierüber in mancherlei Versuchen und meinte sogar, die magnetische Kraft als einen flüchtigen Stoff mit Quecksilber oder Arsenik übertreiben zu können; die Vermischung jenes Pulvers mit verschiedenen Salzen, die er verschiedenen, oft heftigen Feuergraden aussetzte, gab ihm mehr oder minder feste Massen, die eine magnetische Anziehung bald verweigerten, bald gewährten, je nachdem durch den Feuerproceſs jenes Pulver mehr oder weniger oder gar nicht oxydirt worden war. Die Anziehung fand sogar noch statt, wenn es mit Mennige und Borax gemischt durch ein dreistündiges Glühfeuer in eine schwärzliche gleichartige Masse, die sich wie Glas ziehen und gieſsen lieſs, verwandelt worden war. Zu Pulver gestoſsen hing sie sich, wie Feilspäne, bärtig an den Magnet an[1]. Das letztere Experiment enthielt nichts Auffallendes, da gerade durch den Glasüberzug die Eisentheile des magnetischen Pulvers gegen alle Oxydation geschützt worden waren; auch die Ungleichheit der übrigen Versuche hätte sich dem Experimentator leicht erklärt, wenn er in der meist gelben oder röthlichen, zuweilen auch schwärzlichen Färbung des Products, die er jedoch jedesmal anführt, den wirklichen Zustand des Eisens erkannt hätte.

In neuern Zeiten ist mehr die umgekehrte Frage in Untersuchung genommen worden. Es handelt sich nicht mehr um den Einfluſs der chemischen Stoffe auf den Magnet, sondern um die Wirkungen, welche, in Folge einiger Wahrnehmungen, die magnetische Kraft auf chemische Operationen, auf Oxydirung und den Krystallisationsproceſs haben sollte. Noch am Schlusse des vorigen Jahrhunderts glaubte von Arnim in seinen Ideen zu einer Theorie des Magnetismus[2] sich zu dem Schlusse berechtigt, daſs der Nordpol eines Magnets im Wasser stärker oxydirt werde, als der Südpol. Es gelang ihm zwar nicht, dieses an einem Magnetstabe direct nachzuweisen, wohl aber fand er, daſs wenn man statt der Pole des Magnets die eiserne Armatur, welche beide verbindet, mit

1 Diss. de Magnete. p. 84 seqq.
2 G. III. 59. V. 394. VIII. 279.

Waſser befeuchte, dieſe an dem Ende, das den Südpol berührt, ſtärker oxydirt werde. Er brachte dieſes mit der Vorſtellung in Verbindung, daſs beim Magnetiſiren des Stahls Sauerſtoff und Kohlenſtoff in demſelben ſich trennen und der erſtere nach dem Südpole, der letztere nach dem Nordpole des Stabes ſich ziehe, wodurch dann auch die gröſsere Schwere des letztern hervorgebracht werde(?). Mithin müſste die Armatur da ſtärker angegriffen werden, wo mehr Sauerſtoff ſich in der Nähe befände. Legte er zwei Magnetſtäbe ſo aneinander, daſs ihre ungleichnamigen Pole ſich berührten, ſo wurden dieſe durch Befeuchtung mit vollkommenem gelben Eiſenroſt überzogen in der nämlichen Zeit, wo die einander berührenden gleichnamigen Pole zweier andern Stäbe nur eine unvollkommene ſchwärzliche Verkalkung erzeugten. Im Aufguſs von Kreſsenſamen ſollte der Südpol in einer Nacht ſchwarz anlaufen, während der Nordpol noch glänzend blieb.

Der nach neuen Entdeckungen ſtrebende J. W. Ritter verfolgte mit Eifer dieſe Wahrnahmungen und gab in einer Abhandlung über das „Chemiſche des Magnetiſmus"[1] eine Menge von Verſuchen an, welche eine gröſsere Oxydirbarkeit des Südpoles beweiſen ſollten. Weiche Eiſendrähte hingegen, welche man in der Richtung des magnetiſchen Meridians ins Waſser legt, wurden, vom Erdmagnetiſmus afficirt, ſeinen Beobachtungen zufolge nach Norden hin früher und ſtärker mit Roſt überzogen, als am ſüdlichen Ende. Eine von ihm verſprochene ſpätere Fortſetzung dieſer Verſuche iſt, vielleicht weil die gemachte Entdeckung ſich nicht bewährte, ausgeblieben.

Ein ähnliches Schickſal hatte Lüdike's vermeinte Zerſetzung des Waſsers durch eine ſogenannte magnetiſche Batterie. Er hatte in die durchbohrten Wände eines Trinkglaſes zwei Glasröhrchen eingekittet, deren inwendig ſtehende Enden zugeſchmolzen waren. In die Röhrchen trat auf jeder Seite des Glaſes ein fein zugeſpitzter Eiſendraht als Fortleiter des Magnetiſmus der Batterie. Waſser, das früher in das Glas gegoſsen worden war, entwickelte an dem Glasröhrchen des

1 S. ſeine Beiträge zu näherer Kenntniſs des Galvaniſmus. Bd. II. S. 55.

nördlichen Endes mehrere Blasen, während das des Südpols rein blieb. Spätere Versuche mit verstärkten magnetischen Apparaten gaben jedoch so ungewisse und ungleiche Resultate, daſs Lüdike drei Monate nachher die geglaubte Entdeckung selbst widerrief[1]. Steinhäuser in Halle, im Besitz eines sehr kräftigen magnetischen Magazins, fand ebensowenig eine Bestätigung von Lüdike's vermeinter Entdeckung[2].

In einer ausgedehnten kritischen Abhandlung über die von Ritter damals noch (1802) zu unbegründet aufgestellte elektrisch-geographische Polarität und über magnetisch-chemische Wirkungen nahm der skeptische Erman auch die behauptete ungleiche Oxydirung der magnetischen Pole vor[3]. Er hatte schon seit Jahren die Pole magnetischer Stäbe und Hufeisen in Beziehung auf ihre Oxydirung durch Zersetzung des atmosphärischen Wasserdampfes ohne Erfolg untersucht, auch blanke Stahldrähte an die Pole eines 15 ℔. tragenden Hufeisenmagnets angelegt und die beiden Spitzen der Drähte gleich tief ins Wasser getaucht, das über einer Quecksilberfläche stand. Das Eisenoxyd senkte sich von jeder Spitze auf die glatte Fläche des Quecksilbers und bildete auf derselben zwei vollkommene Kreise, doch war weder im Durchmesser derselben, noch in der frühern Erscheinung des Oxyds irgend eine Ueberlegenheit des einen Pols wahrzunehmen. Ebensowenig war dieses möglich, als Erman statt der Quecksilberfläche zur Schlieſsung des magnetischen Kreises einen sehr gut polirten Glasspiegel ins Wasser unterlegte. Neutralsalze und Säuren, die er bei diesen Versuchen statt des reinen Wassers gebrauchte, gaben ebensowenig eine chemische Wirkung des Magnetismus zu erkennen. Von Wasserzersetzung war ebenfalls keine Rede.

Mit diesen letzten Versuchen eines so geübten Physikers war die Lehre vom chemischen Einflusse des Magnetismus gleichsam zu Grabe getragen. Wie die übrigen Theile des Magnetismus, so blieb auch sie in der allgemeinen Nichtbeachtung, bis im J. 1817 Prof. Maschmann[4] in Christiania,

1 G. IX. 375. XI. 117.
2 G. XIV. 125.
3 G. XXVI. 139.
4 G. LXX. 234.

Digitized by Google

als er bei seinen Vorträgen über Chemie zur Darstellung des sogenannten Dianenbaums in einer heberförmigen Glasröhre salpetersaures Silber über Quecksilber goſs, in dem (zufällig) nach Norden liegenden Schenkel des Hebers das Silber sich stärker ansetzen sah, als in dem südlichen. Er theilte seine Wahrnehmung dem Prof. Hansteen mit, der, anfangs ungläubig, doch später den wiederholten Erfahrungen seine Zustimmung nicht versagen konnte, wie er dieses in einem Briefe vom Jan. 1821 an Prof. Gilbert selbst aussprach. Der Hauptversuch bestand in Folgendem. Man befestigte zwei Heber (von 1 Fuſs Länge der Schenkel und 6 Lin. Weite), die mit der Silberauflösung gefüllt waren, dergestalt, daſs der eine in der Richtung des magnetischen Meridians sich befand, während der andere seine Schenkel in Ost und West hatte. Im erstern entwickelte sich 1) der Dianenbaum ungleich stärker, als in dem letztern, und stieg 2) auch höher hinauf im nördlichen Schenkel als im südlichen. Im nördlichen Schenkel hatten die Krystalle einen reinern Metallglanz und waren mehr nadelförmig, im südlichen schienen sie mehr oxydirt zu seyn. Brachte man Gläser, die mit Silberauflösung gefüllt waren, in die Nähe eines Magnets, so schien das dem Südpole nähere Glas sein Silber weit schneller nach diesem hinzuschieben, als das Glas ohne Magnet, und bedurfte zur Ausscheidung des Silbers nur den vierten Theil der Zeit von jenem.

Hansteen's Name, so vorsichtig er auch über diese Erscheinungen sich ausgedrückt hatte, gab denselben einen unerwarteten Credit, welcher noch durch die Zeugnisse von Schweigger[1], Döbereiner[2], Müller[3] und Kastner[4], die diese Versuche wiederholt hatten, bekräftigt wurde. Auch Lüdike[5]. fand, daſs Salzauflösungen, welche in flachen Gefäſsen über die Pole eines aus mehrern Stäben bestehenden Hufeisenmagnets gebracht wurden, zwischen den Polen einen krystallfreien runden Raum lieſsen, während die Krystallisation vorzugsweise über den Polen oder doch auſserhalb je-

---

1 Jahrb. XIV. S. 84.
2 Ebend.
3 Kastner Archiv. VI.
4 Ebend.
5 G. LXVIII. 76.

nes magnetischen Kreises erfolgte. Kastner[1] hatte eine Magnetnadel in eine Glasröhre verschlossen und sie in der Richtung des magnetischen Meridians in eine Auflösung von Bleizucker gelegt; die Krystallisation des Salzes zeigte sich stärker an den Polen. Dagegen konnte Dr. Dulk[2] in Königsberg mit einem starken Magnete, der 25 ℔. zog, keine Einwirkung auf den Dianenbaum hervorbringen und salpetersaures Silber, das zwischen Glasplatten gebracht, der Einwirkung der Pole ausgesetzt wurde, zeigte keinerlei Aenderung.

Während in Deutschland bei diesem Widerspruche der Versuche der chemische Einfluſs des Magnetismus unbeachtet blieb, brachte im J. 1828 der Abbé Rendu von Chambery die Sache bei den Pariser Physikern in Anregung[3]. Er hatte in die Schenkel einer heberförmigen Röhre, die mit dem Aufguſs von blauem Kohl gefüllt war, zwei Eisendrähte hineinhängen lassen, die mit den Polen eines Hufeisenmagnets in Verbindung standen. Die Farbe der Flüssigkeit veränderte sich in beiden Schenkeln in Grün, und dieses erfolgte sogar, als auf Biot's Anrathen die Eisendrähte mit zugeschmolzenen kleinen Glascylindern armirt wurden, um die directe Berührung des Eisens auszuschlieſsen. Ohne Magnetismus, nur für sich der Luft ausgesetzt, ging die Farbe des Kohlaufgusses in Roth über. Bei dieser Gelegenheit, die zwar keine weitere Prüfung dieses Gegenstandes zur Folge hatte, wurden die franz. Physiker auch mit den frühern Bemühungen der Deutschen in diesem Gebiete, namentlich mit Ritter's und Maschmann's Versuchen, bekannt.

Im J. 1829 trat endlich der um die technische Chemie verdiente Prof. Otto Linné Erdmann in Leipzig mit einer vollständigen historisch-kritischen Arbeit über die angeblichen chemischen Wirkungen des Magnetismus auf[4]. Er nahm die verschiedenen Arten, wie dieselben sich äuſsern sollten, einzeln durch, wiederholte mit Sorgfalt die dafür aufgestellten Versuche, und wies nach, was in diesen übersehn worden

1 Arch. VI. 448.
2 Ebend. 457.
3 Ann. de Ch. XXXVIII. 196.
4 Schweigg. Jahrb. XXVI. S. 24.

Digitized by Google

war. Die Magnete, die er anwandte, bestanden in folgenden: zwei Stäbe von 8 Z. Länge, ½ Z. Breite und ¼ Z. Dicke, deren jeder sein eigenes Gewicht trug; ein Hufeisenmagnet, von ungefähr 5 ℔. Tragkraft, zwei groſse Magnetstäbe von 3 F. Länge, 2 Z. Breite und 1 Z. Dicke, die durch einen Eisenstab einseitig zu einem Hufeisen verbunden eine Tragkraft von noch nicht 20 ℔. hatten; endlich noch ein magnetisches Magazin aus 6 Stäben bestehend, dessen Tragkraft Erdmann höchstens auf 80 ℔. anschlägt. Die meisten Versuche wurden in einem nach SSW gelegenen Zimmer angestellt und einseitige Beleuchtung, wo sie nicht nöthig war, vermieden. Seine ersten Versuche betrafen die *Oxydation des unmagnetischen Eisens unter dem Einflusse des Erdmagnetismus.* Erdmann zeigte die Schwierigkeit, vollkommen gleichartigen Eisendraht zu erhalten, weist aus der verschiedenen Oxydirbarkeit einzelner Stellen, welche Folge der innern Beschaffenheit oder äuſserer Betastung seyn konnte, die Täuschungen nach, die bei einseitigen Versuchen auch geschickte Beobachter miſsleitet hatten, und stellt als Resultat von funfzehn mit gröſster Umsicht angestellten Versuchen folgende drei Sätze auf.

1) Die Oxydation des unter Wasser liegenden Eisens wird durch den Erdmagnetismus nicht modificirt, indem weder eine frühere noch eine häufigere Oxydbildung nach einer der Himmelsgegenden erfolgt.

2) Bei reinem und gleichförmigem Eisen beginnt die Oxydation stets am frühesten da, wo das Eisen mit andern Körpern, nicht bloſs metallischen, sondern mit den Wänden des Gefäſses, z. B. mit Steingut und auch mit Wachs, in Berührung steht. Eine Eisennadel auf eine Schale mit convexem Boden niedergelegt oxydirt sich in der Mitte, in concaven Tassen zuerst an den Enden.

3) Das einfallende Tageslicht oder schwaches Sonnenlicht kann, wenn es nicht durch seine Wärme wirken kann, die Oxydation des Eisens weder beschleunigen, noch aufhalten.

Ueber das Verhalten stählerner magnetisirter Drähte und Nadeln ergab sich aus 11 Versuchen Folgendes.

1) Wenn die Enden der Nadel am Gefäſse auflagen, so begann Gasentwickelung und Oxydation bald am Nordpole, bald am Südpole früher, setzte sich aber dann auch an die-

Digitized by Google

sem Ende ausschlieſslich fort, welches auch die Lage der Nadel nach den Weltgegenden seyn mochte.

2) Waren sie in der Mitte auf einem Stücke Wachs befestigt so nahm zuletzt die Oxydation in der Nähe des Wachses ihren Anfang.

3) Stahlnadeln in Wasser mit verdünnter Salzsäure aufgehängt schwärzten sich allenthalben gleich. Beide Enden trockneten gleich schnell und zeigten auch nachher keine Verschiedenheit.

4) Die Annäherung eines starken Stabmagnetes an die Pole einer mit Wachs im Meridiane befestigten, in concentrirter Salzsäure versenkten, Magnetnadel hatte nicht den mindesten Einfluſs weder auf besondere Gasentwickelung, noch auf Oxydation.

Nicht günstiger für den magnetischen Einfluſs als die bisherigen fielen Erdmann's Versuche über Metallreductionen aus. Durch mehrere Fehlproben hatte er sich überzeugt, daſs hier auf die Reinheit des Quecksilbers das Meiste ankomme und daſs man durch die bloſse Unreinigkeit desselben es in der Macht habe, die Krystallisation in dem einen oder andern Schenkel des Hebers entstehn zu lassen, indem diese sogleich mit der das Quecksilber überziehenden Haut in Verbindung tritt. Aus 15 Versuchen ergab sich keine besondere Krystallisation im nördlichen Schenkel, nur zuweilen schien es, als ob der vom Lichte abgewendete Schenkel mehr Krystalle ansetze, als der andere; doch auch dieser Lichteinfluſs blieb sich keineswegs gleich. War der ganze Apparat gegen das Licht geschützt, so fand die nämliche Unbeständigkeit statt, indem bald der nördliche, bald der südliche Schenkel schönere Krystalle darbot, während die Salzablagerung in beiden nicht verschieden war. Auch in einer Heberröhre, die mit essigsaurer Bleiauflösung gefüllt war und in welcher die Reduction durch Zink bewirkt wurde, zeigte sich kein Unterschied in den Bleiniederschlägen der beiden Schenkel.

Wie der Erdmagnetismus, ebenso unkräftig bewiesen sich auch künstliche Magnete. Die heberförmige Röhre mit der Silberauflösung, auf den Schenkeln eines Hufeisenmagnets befestigt, zeigte bald Nordpole, bald am Südpole die schönern Krystallbüschel. Unter äuſserlich gleichen Umständen war die Krystallbildung bald lebhaft, bald langsam. Auch die groſsen

Digitized by Google

Magnetstäbe zeigten keinen entschiedenen Einfluſs, ebensowenig die Lage der Röhre in Beziehung auf die Magnetpole oder die Himmelsgegenden. Hatte die Vegetation des Silberbaums einmal in einem Schenkel begonnen, so trieb sie fort, wenn auch alle äuſsere Umstände geändert wurden. Die Ausscheidung des Silbers ging nicht, wie man sonst annimmt, nach den metallischen Leitern hin, auch auf die Krystallisation des Quecksilbers hatte der Magnetismus keine Einwirkung; es hatte sich, wie man bei Ausleerung der Röhre sah, stets in beiden Schenkeln in gleicher Menge und in gleich groſsen Krystallen angelegt.

Auch die Krystallisation von Salzauflösungen erfolgte in der Berührung mit den Magnetpolen nicht anders, als ohne dieselben, sobald man Sorge trug, daſs die Masse des Metalls nicht etwa durch Wärmeentziehung auf die Solution einwirken konnte. Auch Gasentwickelungen gingen auf gleiche Weise vor sich.

Endlich wurden auch die Pflanzenfarben, Lackmus- und Rhabarberpapier auf magnetische Wirkung ohne allen Erfolg probirt. Bei der Wiederholung von Rendu's Versuchen zeigte sich, daſs allerdings die Eisendrähte, magnetisch oder unmagnetisch, die Fähigkeit haben, den rothen Kohlaufguſs auch ohne Zutritt der Luft (die Flüssigkeit war mit Oel übergossen) grün zu färben, daſs aber diese Wirkung ausblieb, wenn die Drähte mit Glas oder auch nur mit Wachs armirt waren. Um die magnetische Wirkung zu erhöhn, unterzog sich der Verfasser der Mühe, solche armirte, von den Polen eines starken Magnetstabes ausgehende Drähte eine Viertelstunde lang mit dem Hufeisenmagnet zu streichen, allein auch dieses blieb ohne sichtbaren Erfolg.

Nach so scharfen und entscheidenden Untersuchungen darf man wohl kein Bedenken tragen, die chemischen Wirkungen des Magnetismus aus dem Gebiete der physikalischen Erfahrungen zu verweisen. Daſs an dem ungünstigen Erfolge von Erdmann's Versuchen keinerlei Unglauben von seiner Seite Theil hatte, ergiebt sich unter anderm auch aus seiner Vermuthung, daſs durch Anwendung groſser Magnete und besonders durch anhaltendes magnetisches Streichen während des Versuchs doch vielleicht eine Veränderung in den berührenden Reagentien zu entdecken wäre. Er räth dazu die An-

Digitized by Google

wendung einer mechanischen Triebkraft an, um das Streichen Tage lang fortsetzen zu können. Daſs der Magnetismus in Bewegung ein mächtiges Agens sey, haben seit Faraday's glänzender Entdeckung die neuern Versuche über die elektrische Wirkung des schnell alternirenden Magnetismus bestätigt. Indeſs sind die auf diesem Wege erhaltenen chemischen Processe, Wasserzersetzungen u. dgl. eigentlich nicht als das Werk magnetischer Kräfte, sondern der durch diese hervorgerufenen elektrischen Thätigkeit anzusehn.

XV. Magnetisirung des Stahls.

Daſs man durch *Bestreichen* mit einem natürlichen Magnete Eisen und Stahl magnetisch machen könne, war schon früher bekannt, wie auch daſs der Erdmagnetismus in Eisenstangen aufgefaſst durch ebendiese Manipulation dem Stahl einen bleibenden Magnetismus ertheile. Schon Gilbert am Ende des 16. Jahrhunderts erwähnt jene Methode, die später wieder zum Theil vergessen ward und erst in der Mitte des 18. Jahrhunderts ihre vollständige Ausbildung erhielt. Man unterscheidet in derselben den *einfachen Strich* von dem sogenannten *Doppelstrich*. Bei dem erstern setzt man den einen Pol des Magnetes, z. B. den Nordpol, in der Mitte des zu magnetisirenden Stabes auf und führt ihn bis zum einen Ende fort; dieses erhält dadurch einen Südpol. Man gleitet nun vom Ende mit dem Magnete ab, und setzt ihn mit dem Südpole wieder auf die Mitte des Stabes, um auch dessen andere Hälfte zu bestreichen, die dadurch nordpolarisch wird. Dieses Verfahren setzt man so lange fort, bis die magnetische Kraft des Stabes nicht mehr zunimmt, wovon man sich durch Anziehung von Gewichten oder durch die Ablenkung einer Compaſsnadel überzeugt. Nach dieser Methode wurden früher und werden auch noch jetzt Stahlstäbe magnetisirt, wenn man nur einen einzigen Magnet zur Verfügung hat. Sie hat den Nachtheil, langsamer und selten im vollen Maſse den Magnetismus mitzutheilen, und meistens ist er auch in demjenigen Schenkel am stärksten, der zuletzt bestrichen worden. Auf diesem Wege hielt es daher schwer, einen starken Magnetismus zu bewirken, ohne bereits mit noch stärkern Magneten versehn zu seyn, und bei dem Eifer,

Digitized by Google

mit welchem das Studium des Magnetismus in der Mitte des vorigen Jahrhunderts betrieben wurde, konnte eine verbesserte Methode nicht lange ausbleiben.

Diese mochte wohl Knight besessen haben, allein da ihm seine Eitelkeit höher ging als die Wissenschaft, so blieb sie ein Geheimniſs. Erst im Jahr 1750 trat Michell[1] mit einem verbesserten Verfahren auf, welchem er selbst den Namen *des Doppelstrichs* (*double touch*) gab. Er benutzte den schon vor ihm angewandten Vortheil, kleine Stäbe in Bündel zu vereinigen und auf diese Weise auf den einzelnen Stab eine gesteigerte Kraft einwirken zu lassen. Zu diesem Ende verschaffte er sich zuerst ein Dutzend Stäbe von 6 Zoll Länge und ½ Zoll Breite, jeder 1¼ Unzen schwer. Von diesen legte es sechs mit den Enden der Länge nach so an einander, daſs sie eine gerade Linie bildeten, und bestrich sie wiederholt mit irgend einem natürlichen oder künstlichen Magnete. Diese Anordnung hatte die sonderbare Folge, daſs die zu äuſserst liegenden Stücke schwächer magnetisirt wurden, als die in der Mitte liegenden. Michell legte daher auch jene in die Mitte, schreibt aber vor, bei diesem zweiten Bestreichen den Magnet nicht bis ans Ende der Reihe fortzuführen, damit die (vorher in der Mitte gelegenen) stärker magnetisirten Stücke nicht wieder geschwächt würden. Von diesen sechs magnetisirten Stäben werden je drei in ein Bündel zusammengefaſst, wodurch man zwei zusammengesetzte Magnete erhält.

Man legt dann die andern sechs Stahlstäbe ebenfalls in einer Reihe der Länge nach hin und setzt die zwei Magnetbündel dergestalt auf die Mitte derselben, daſs ihre ungleichnamigen Pole oben sich berühren, während sie unten um einige Linien von einander getrennt sind, was am besten durch ein dazwischen gelegtes Stückchen Holz oder Metall h bewerkstelligt wird. Mit diesem Doppelmagnete fährt man sodann über die Reihe der Stahlstäbe drei- bis viermal hin und her, bringt hierauf die beiden äuſsersten Stäbe in die Mitte, um sie dort stärker zu magnetisiren, und wendet endlich die Fig. 156.

1 Nicht Mitchell, wie Gehler und die franz. Autoren schreiben. S. A treatise on artificial magnets, in which is shewn an easy and expeditious Method of making them superior to the best natural ones etc. Cambridge 1750. 8.

Digitized by Google

ganze Reihe um ihre Längenaxe um, damit sie auch auf der andern Seite bestrichen werde. Die letztern sechs Stäbe erhalten hierdurch einen beträchtlich stärkern Magnetismus, als die erstern. Daher werden die Magnetbündel aufgelöst und diese Stäbe wieder auf dem nämlichen Wege vermittelst der letztmagnetisirten magnetisirt, und diese Operation wird abwechselnd so lange fortgesetzt, bis keine weitere Zunahme der magnetischen Kraft sich ergiebt. In diesem Falle wird, wenn die Stäbe gehörig gehärtet sind, ein einzelner Stab an einem Pole allein ein Pfund Eisen tragen und die sechs Magnetstäbe werden ein anderes System von Stahlstäben nach drei bis vier Bestreichungen bis zur Sättigung magnetisiren, nur wird es nöthig seyn, die beiden äuſsersten einmal in die Mitte zu versetzen. Mehr als drei Stäbe zusammen zu binden hält Michell für unzweckmäſsig, wegen der gegenseitigen Verdrängung des gleichnamigen M; er bemerkt hierbei, daſs er zwar schon aus theoretischen Gründen sich viel von der Wirksamkeit des Doppelstrichs versprochen habe, daſs aber seine Erwartung weit übertroffen worden sey, indem derselbe mehr leiste, als ein fünfmal so starker Magnet durch die einfache Bestreichung.

Michell giebt für die Magnetisirung gröſserer Stäbe noch einen eignen hölzernen Rahmen an, der jedoch keine sonderlichen Vortheile zu gewähren scheint. Auch lehrt er, wie ohne Beihülfe eines bereits vorhandenen Magnets bloſs durch den terrestrischen Magnetismus solchen Stäben die Kraft zu ertheilen sey. Ein kleiner weicher Stahlstab wird auf einem langen, in der Richtung des Meridians liegenden etwas nordwärts (doch lange nicht bis zur Richtung der Inclinationsnadel) geneigten Brete zwischen zwei 4 bis 5 Fuſs lange und 15 bis 18 ℔. schwere Eisenstangen gelegt und in dieser Lage mit einem beinahe senkrecht gehaltenen, unten glatt gefeilten eisernen Feuerschürer (*Poker*) gerieben. Auf diesem Wege werden mehrere solcher kleinen Stäbe magnetisch gemacht, bis man die übrigen auf die vorhin beschriebene Art durch den Doppelstrich ungleich ergiebiger magnetisiren kann, und so wird allmälig von kleinern Stäben zu gröſsern fortgeschritten. Er räth von gröſsern Magneten deswegen ab, weil sie nicht leicht gleichförmig zu härten seyen, und bei der eben erwähnten Magnetisirung scheint er zu glauben, daſs die Eisenstangen

vermöge des ihnen (zumal in der fast horizontalen Lage) inhärirenden geringen Magnetismus für gröſsere Stahlstäbe zu schwach gewesen seyen, gleichsam als wenn ihr eigner Magnetismus auf den Stahl übergehn müſste.

Michell's kleines Werk (von 81 Octavseiten) verräth zwar nicht einen wissenschaftlich gebildeten, aber einen sehr verständigen Forscher. Er ist mehr, als man seinem Zeitalter zutrauen sollte, mit den Eigenthümlichkeiten des Magnets bekannt. Er weiſs, daſs die Anziehungen umgekehrt nach den Quadraten der Entfernungen erfolgen und daſs die magnetische Kraft alle Stoffe durchdringt; er kennt den Unterschied zwischen Eisen und Stahl im weichen und harten Zustande und bemerkt, daſs der erstere zwar den Magnetismus leichter annehme, ihn aber schneller wieder verliere, daſs aber der ganz harte Stahl zwar schwerer magnetisch zu machen, allein wegen seines Festhaltens der einmal ihm gegebenen Kraft zu Magneten und Compaſsnadeln der einzig taugliche sey. Er hält (zu seiner Zeit) den sogenannten *Blister Steel* für den besten, bemerkt jedoch, daſs, da alles auſs Glühen und Härten desselben ankomme, die untauglichsten Stücke nach wiederholtem Glühen oft die besten würden; er warnt vor allzugroſser Erhitzung des Stahls, die jedoch vollständig seyn muſs (*it must be hardened mith a full heat*). Endlich führt er noch die seltsame Meinung an, daſs *Leinöl*, in welches der magnetische Stahl gelegt wäre, seine Kraft vermehre und scheint dieses von einer vermeintlichen Erfahrung abzuleiten, daſs eiserne Gehäuse mit Oelfarbe bemalt mit der Zeit magnetisch werden. Am Schlusse weist er auf die Anwendung des Magnets, besonders der langen Nadeln, und auf die Dienste hin, die sie, auſser der Schifffahrt, beim Bergbau zur Absenkung von Schachten leisten, und zeigt, wie man sich durch den mehr oder weniger regelmäſsigen Gang etwaiger Ablenkungen von der Gegenwart und Macht eisenhaltiger Stoffe überzeugen könne und daſs sich durchs Magnetisiren entdecken lasse, ob stählerne Geräthschaften, Werkzeuge u. dgl. ganz von Stahl oder nur cementirtes Eisen seyen.

Michell's Verfahren enthält zwei wichtige Verstärkungsmittel des Magnetismus. Das eine besteht darin, daſs er den zu magnetisirenden Stab an seinen Enden von andern Stäben berühren läſst, wodurch die in dem erstern gebildeten Polari-

täten eine stärkere Spannung erhalten, daher sie auch stärker magnetisirt werden, als die äuſsern, ein Umstand, der Michell zu der Behauptung verleitet, ein Magnet sey gegen die Mitte stets mehr magnetisch als an den Enden. Die zweite Verstärkung besteht in dem sogenannten *Doppelstrich* selbst, zufolge dessen in beiden Hälften des Stabes in dem nämlichen Moment der zugehörige Magnetismus erregt wird, was ebenfalls die gegenseitige Spannung der ungleichnamigen Hälften oder ihre Ladungscapacität erhöht. Diese Methode hat dann auch überdieſs den Vortheil, nicht nur der stärkern Magnetisirung wegen keine intermittirenden Puncte, d. h. abwechselnde Polaritäten, in dem Stabe zurückzulassen, sondern auch die magnetischen Kräfte in jedem Pole gleich zu machen.

Ein dem ersten Verstärkungsmittel analoges Verfahren hatte nach Dühamel's[1] Bericht schon fünf Jahre früher ein mathematischer Instrumentenmacher in Paris Namens Le Maire angewandt und Dühamel hatte sich mit ihm zu verschiednen Versuchen vereinigt, um kleine Stahlmagnete nachzumachen, die damals von London her als das Werk eines englischen Arztes (Knight) ausgeboten wurden und ihr eignes Gewicht zu tragen vermochten. Le Maire's Kunst bestand darin, den zu magnetisirenden Stab auf einen andern zwei- bis dreimal längern Stab der Länge nach so zu legen, daſs der kleinere über den gröſsern um einige Zolle hervorragte. In diesem Zustande wurden sie zusammengebunden und magnetisirt. Ob sie schon vorher einzeln magnetisirt worden waren oder nicht, das schien keinen Unterschied zu machen, wohl aber wurde die Tragkraft des kleinern Stabes auf diese Weise nahe auf das Doppelte von dem gebracht, was er durch einfaches Bestreichen mit dem nämlichen (natürlichen) Magnet geleistet hatte.

Das Jahr 1750, in welchem Michell auftrat, war für die Methode des Magnetisirens besonders ergiebig. Im Januar desselben theilte John Canton[2] der Königl. Societät ein Verfahren mit, von welchem er dann zu Hause vor zwei Mitgliedern Probe ablegte, weil er zu schüchtern war, in der Versammlung vor so hoch geachteten Herrn (*for whom he*

---

1 Mém. de l'Acad. de Paris. 1745. p. 181.

2 Phil. Trans. Vol. 47. f. 1751. p. 34.

had so great a respect) zu experimentiren. Statt wie Michell die zu magnetiſirenden Stäbe in eine gerade Linie zu ordnen, legt er zwei derſelben auf $\frac{1}{4}$ Zoll Entfernung parallel und verbindet ihre Enden durch zwei Querſtücke von Eiſen, fährt mit einem Doppelpaar von Magnetſtäben n s und n′ s′ zuerſt auf dem einen, dann auf dem andern Stabe hin und her, wobei er Sorge trägt, mit dem Magnete am Ende der Operation von der Mitte des Stabes ſeitwärts abzugleiten. Die zwei Magnete, zwiſchen welche Michell unten ein Stückchen Holz legt, trennt er durch eine weiter oben dazwiſchen geklemmte Stecknadel. Er führt alſo, wie jener, den ſogenannten *Doppelstrich* aus. Dagegen bringt er am Ende noch zur Verſtärkung ein neues Verfahren an. Mit zwei faſt horizontal gehaltenen Magneten m und m′ fährt er von der Mitte der ſo eben magnetiſirten Stäbe bis zu ihrem Nord- und Südpol aus, indem er jedesmal am Ende abgleitet und in der Mitte wieder aufſetzt, ohne eine rückwärtsgehende Bewegung zu machen. Die erſten ſchwachen Magnetſtäbe verſchaffte ſich Canton durch den Erdmagnetismus, indem er kleine ungehärtete Stahlſtäbe an eine verticale Eiſenſtange band und ſie mit einer andern Eiſenſtange rieb (er nahm dazu Poker und Feuerzange) und dieſe nachher durch das vorhin beſchriebene Verfahren abwechſelnd verſtärkte. Zu den eigentlichen Magneten gebrauchte er ganz harte Stäbe.

Fig. 157.

Fig. 158.

Im April deſſelben Jahres legte Duhamel, der ſchon früher mit dieſem Gegenſtande ſich beſchäftigt hatte, der Akademie von Paris eine Methode vor, die mit derjenigen Canton's, von welcher er doch nichts wiſſen konnte, groſse Aehnlichkeit hat[1]. Zwei groſse Stahlſtäbe A 1, A 2 von $2\frac{1}{2}$ F. Länge, 1 Z. Breite und $\frac{1}{2}$ Z. Dicke, gehärtet und wohl polirt, werden mit einem Magnete, der etwa 20 Pfd. tragen kann, auf gewöhnliche Weiſe beſtrichen. Zwiſchen dieſe werden dann zwei kürzere Stäbe B 1, B 2, deren Dimenſionen nur die Hälfte der erſtern betragen, ſo gelegt, daſs beide einander parallel ſind, ohne ſich zu berühren. Beide werden durch die eiſernen Querſtäbe C, C in Verbindung geſetzt. Nun läſst man den Nordpol des genannten ſtarken Magnets von N des Stabes A 1 über B 1 bis S des Stabes A 2 einige

Fig. 159.

1 Mém. de l'Acad. 1750. p. 154.

Male hingleiten und verfährt auf ebendiese Weise mit B2, das man an die Stelle von B1 einlegt. Hat man die Reibung nach dieser Regel auf beiden Seiten der Stäbe B, B durchgeführt, so verwechselt man ihre Lage mit den Stäben A, A, um auch diese ebenso zu magnetisiren. Somit ist der Apparat fertig. Soll eine Nadel magnetisirt werden, so lege man
Fig. 160. dieselbe an die Stelle von B1 zwischen die Stäbe A1 und A2 und ihr gegenüber parallel eine ähnliche Nadel oder ein Stück Eisen, verbinde beide durch die Eisenstücke C, C, setze die Stücke B1, B2 in der Mitte der Nadel auf und führe sie in schräger Richtung nach ihren Enden hin. Mit drei bis vier solcher Striche wird die Nadel bis zur Sättigung magnetisirt seyn.

Im Jahr 1760 machte Antheaulme[1] eine Methode bekannt, die, indem sie den Erdmagnetismus statt eines Magnets zu Hülfe rief, zu gleicher Zeit auch die eben erwähnte Bindung der im kleinern Stabe erregten Polarität zur Folge
Fig. 161. hatte. Auf einem langen Brete, das in der Richtung der Neigungsnadel, nämlich etwa 70 Grade gegen Norden geneigt war, lagen zwei starke Eisenstangen AB und CD von mehrern Fuſs Länge[2]. Beide waren bei B und C durch einen hölzernen Würfel m von 1 bis 2 Zoll Seite getrennt, an dessen Kanten sich zwei Stahlplatten n und s von 1 Lin. Dicke erhoben, deren oberer Rand um etwa $\frac{1}{4}$ Zoll über die Stangen hervorragte und etwas zugeschärft war. Auf diesem Rande n oder s wurde die eine oder andere Hälfte der Compaſsnadel oder des zu magnetisirenden Stabes gerieben und erhielt dadurch die verlangte Polarität in bedeutendem Grade. Hier ist also noch von keinem Doppelstrich die Rede und Antheaulme kam erst dann auf diese Idee, als er es versuchte, eine Nadel auf der Mitte eines Magnetstabes zu reiben, was natürlich ohne Erfolg blieb, weil, wie Lalande sich ausdrückt, die magnetische Flüssigkeit dort keinen Ausgang finden konnte. Er wollte also dort den Stab getheilt haben, d. h. er legte zwei Stücke mit ihren freundschaftlichen Polen

---

1 Mémoire sur les aimans artificiels, qui a remporté le prix de l'Acad. de Petersbourg. Paris 1760. 4.

2 Nach Lalande's Bericht hatte Antheaulme später Stangen von 2 Zoll in Kanten und 15 Fuſs Länge angewandt. Mém. de l'Acad. 1761. p. 213.

Digitized by Google

an einander, die er durch ein Stück Carton getrennt hielt. Eine Nadel auf dieser Stelle gerieben nahm ihre volle Kraft an.

Später kehrte er diese Manipulation um, indem er zwei Stäbe, deren ungleiche Pole sich nicht berührten, auf der ganzen Länge der Nadel mehrere Male hin und her führte und dann in der Mitte seitwärts abglitt. Hierbei waren die Stäbe oberhalb, der eine auf diese, der andere auf die entgegengesetzte Seite geneigt, ungefähr so, wie Canton es zehn Jahre früher gelehrt hatte.

Werfen wir einen Blick auf die hier nach den Quellen mitgetheilte Geschichte der verschiednen Methoden des Magnetisirens, so finden wir, daſs nach Knight, der sein Verfahren nicht bekannt machte[1], der Mechaniker Le Maire der erste war, welcher von dem bloſsen einfachen Bestreichen abgehend die magnetische Spannung durch untergelegte Stahlstäbe erhöhte, und daſs unter denjenigen, welche den Doppelstrich ausübten, Canton vorangeht, welcher auch das Bestreichen mit geneigten Stäben schon vor Duhamel bekannt gemacht hat und dieselben tiefer neigt, als dieser. Michell brachte die Benennung des *Doppelstrichs* auf und lehrte ein Verfahren, das auch nach den neuesten Versuchen[2] den spätern Anleitungen an Wirksamkeit keineswegs nachsteht. Daſs nach solchen Erfindungen acht Jahre später die Petersburger Akademie für die beste Magnetisirung einen Preis ausschreiben und ihn für eine bloſse partielle Benutzung des Erdmagnetismus an Antheaulme ertheilen konnte, ist entweder der Langsamkeit der damaligen literarischen Communicationen, oder dem Unstern zuzuschreiben, der vorzüglich über der Lehre vom Magnetismus gewaltet zu haben scheint, daſs nämlich jedes folgende Zeitalter die Entdeckung des frühern vergaſs. Wir haben also Le Maire und Canton als die ersten Erfinder der Magnetisirungsmethoden anzusehn, ohne darum ihren Concur-

1 Erst nach seinem Tode wurde von Wilson Folgendes darüber mitgetheilt. Knight legte zwei starke Magnetstäbe mit ihren ungleich- Fig.
namigen Polen in gerader Linie an einander und oben auf sie den zu 162.
magnetisirenden Stab; indem er sodann die Magnetstäbe aus einander rückte, erfolgte eine Art Bestreichung des aufgelegten Stabes. Die Methode war gut, aber unbequem.

2 S. unten die Versuche von Scoresby.

Digitized by Google

renten Michell und Dühamel die Selbsterfindung abzusprechen.

In den siebziger Jahren[1] erhielt die Petersburger Akademie von einem Liebhaber, Staatsrath Kruse, eine Sammlung von 65 Magnetstäben von ½ bis 2½ Fuſs Länge und 9 Hufeisen, die sämmtlich an Euler übergeben wurden. Dieser machte mit Nic. Fuss verschiedene sehr gelungene Versuche, bei welchen hauptsächlich Michell's Methode in Anwendung kam. Stäbe von 2 Fuſs Länge und 2 Zoll Dicke in beiden Dimensionen wurden ungeachtet ihres bedeutenden Gewichts so stark magnetisch, daſs sie auf dem Tische sich leicht hin und her ziehen lieſsen, eine Kraft, die Fuss wenigstens auf 300 Pfd. anschlägt; auch wurden Hufeisen magnetisirt, die 80 bis 110 Pfd. trugen. Euler bediente sich dazu auch des *vierfachen* Strichs, bei welchem eine Stange zu gleicher Zeit auf zwei Seiten von zwei Magnetenpaaren bestrichen wurde.

Die von Aepinus angegebene Methode ist eine Verbesserung von Canton's Verfahren. Anstatt aber die Magnet-
Fig. stäbe in geneigter Lage von einander zu entfernen, läſst er
163. sie unten getrennt und gegenseitig unverrückt und fährt mit dieser Verbindung, die zu besserer Sicherung in ein Stück Holz, wie in eine Art Hobel, eingepaſst werden könnte, auf dem Stahle hin und zurück. Für die beste Neigung der Stäbe wählte er einen Winkel von 15 bis 20 Graden. Zur Unterhaltung des magnetischen Kreislaufs bildet er gleich Canton und Dühamel ein Rectangel aus vier Stäben mit dem Unterschiede, daſs die Querstücke, welche die Enden der Stäbe verbinden, nicht bloſs Eisenstäbe, sondern selbst Magnete sind, was ebenfalls zur Verstärkung der Wirkung beiträgt. Die Magnetstäbe, die unterhalb durch ein Stück Holz einen halben Zoll von einander getrennt sind, werden in der Mitte des Stabes aufgesetzt, von da zum einen Ende und dann zum andern hingeführt. Beim Aufhören gleitet man in der Mitte seitwärts ab und trägt Sorge, daſs beide Hälften des Stabes gleichviel Male bestrichen worden sind.

Coulomb, dem die Lehre vom Magnetismus so manche schätzbare Untersuchung verdankt, hat sich ebenfalls bemüht, die Kunst, Magnete zu machen, zu vervollkommnen. Statt

---

1 Acta Acad. Scient. Imper. pro 1778. II. p. 35.

Digitized by Google

das Rectangel von Canton und Duhamel zu wählen, näherte er sich mehr der Methode von Michell[1], nur mit dem Unterschiede, daſs er nicht unmagnetische, sondern groſse, stark magnetische Stäbe mit dem zu magnetisirenden Stück in Berührung brachte, auch legte er sie nicht in eine Ebene, sondern das letztere auf dieselben, so daſs die Enden nur etwa einen halben Zoll auf einander eingriffen. Nach dieser Anordnung konnte er dann nach Belieben Canton's schräge Bestreichung oder diejenige von Aepinus anwenden. Was sein Verfahren besonders noch auszeichnet, ist die bedeutende Gröſse und Kraft der angewandten Magnete und die beträchtliche Zahl von Stäben, aus denen sie zusammengesetzt waren. Fig. 164.

Bei allen bisher aufgezählten Methoden ist Reiben das Erweckungsmittel des Magnetismus. Welche Vorstellung man sich auch von dem Act des Magnetisirens mache, ob man ihn einer wirklichen Mittheilung, einem Uebergehn des magnetischen Fluidums aus dem Magnete in den Stahl zuschreibe, oder ihn für eine Zersetzung des neutralen Zustandes in getrennte Gegensätze (Polaritäten) ansehe, immerhin scheint eine mechanische Wirkung des Drucks hier im Spiele zu seyn, die entweder durch Wärmeerzeugung und damit verbundene Zerlegung eines atmosphärischen Stoffs, oder durch Aenderung der Molecülen an der Oberfläche des Eisens, vielleicht durch beides wirksam ist. Die Abstufung, die in Eisen, in angelassenem und in gehärtetem Stahl in Beziehung auf Weichheit und wieder auf Magnetisirbarkeit statt findet, scheint für irgend eine Störung in der Anordnung der Molecülen, die dem magnetischen Fluidum eine bessere Circulation bereitet, zu sprechen. Diese Wirksamkeit der Reibung als solcher wird auch noch besonders durch Haldat's merkwürdigen Versuch bestätigt[2]. Zwischen die ungleichnamigen Pole zweier Magnete legte er Eisendrähte von 1 Decimeter Länge und 1 Millim. Dicke in solcher Entfernung, daſs keine Magnetisirung statt fand. Wurden sie aber mit irgend einem harten Körper,

1 Ein derselben verwandtes Verfahren hatte früher schon Trulland bei der Magnetisirung von Hufeisen mit Vortheil angewandt, indem er je zwei derselben mit den Enden sich berühren lieſs und sie dann immer in der nämlichen Richtung mit einem Magnete bestrich.

2 Ann. de Chim. XLII. p. 42.

Digitized by Google

als Messing, Kupfer, Zink, Glas oder mit hartem Holze, gerieben, so entstanden bestimmte Pole, die sich bei Umkehrung der Nadel durch das nämliche Verfahren vernichten und auch umkehren lieſsen. Haldat bemerkt, daſs nur bei weichem Eisen, doch auch ohne daſs es ausgeglüht sey, diese Erregung sich zeige, vermuthlich weil beim Stahl der Eindruck der Reibung zu schwach war.

Von ähnlicher Art ist die Magnetisirung, mit welcher Düfay und besonders Trullard bedeutende Wirkungen hervorbrachten und bei der durch anhaltendes Hämmern dem terrestrischen Magnetismus der Eingang in die Poren des Eisens geöffnet wurde.

Auch die Einwirkung der Atmosphäre umgebender Magnete, die bei Haldat's Versuchen eine wesentliche Bedingung ausmacht, wird schon von Dühamel als ein kräftiges Erregungsmittel empfohlen. Stäbe, die durchs Reiben eine nur geringe Kraft angenommen hatten, wurden stärker magnetisch, als man sie längere Zeit (etwa 14 Tage) mit dem Magnete in Berührung lieſs.

Bemerkenswerth ist eine Behauptung, die schon Dühamel aufstellt, daſs die Stahlstäbe einen stärkern Magnetismus annehmen, wenn man ihre Pole ein oder mehrere Male umkehrt. Er hatte sogar an einem natürlichen Magnete dieses Verfahren mit Vortheil versucht. Dieser, der anfänglich kaum einen Nagel trug, hob, nachdem er im entgegengesetzten Sinne magnetisirt worden war, sogleich 6 Unzen und bei einer nochmaligen Umkehrung seiner Pole 22 Unzen.

Auch Fuss spricht von diesem Verstärkungsmittel, auf das ihn zuerst der Zufall geführt hatte, mit aller Bestimmtheit als von einem Ergebniſs entscheidender Versuche und empfiehlt dessen Anwendung in der Praxis, obgleich er in der Erklärung mit dem abwechselnden Oeffnen, Zuschlieſsen und Umkehren der Haare und Klappen, welche nach der Euler'schen Theorie die Canäle im Magnete verschlieſsen, etwas in die Enge geräth[1].

Schon Robison hatte wahrgenommen, daſs die geringste Spur von Oel das Reiben unkräftig mache, daſs hingegen durch Benetzung der Stablenden mit Wasser die Magnetisi-

---

1 S. unten die neuesten Versuche von Quetelet.

rung beim Reiben sehr befördert werde[1]. Diese Behinderung durchs Oel bestätigt auch Fuss, welcher, um die Stäbe vom Rost zu reinigen, etwas Oel an denselben gelassen hatte[2]. Den nämlichen Widerstand leistet nach Robison auch das dünnste Goldblättchen. Stäbe, die man roh gelassen hatte, nahmen einen stärkern Magnetismus an, als solche, die mittelmäſsig polirt waren, und diese letztern wurden schneller magnetisch als ganz glatte, ohne jedoch einen so hohen Grad von Kraft anzunehmen, wie diese. Fuss hingegen dringt besonders darauf, daſs die Stahlstangen sorgfältig polirt seyen, doch dieses mehr aus theoretischen Ansichten über die Verbreitung des magnetischen Fluidums in den Stäben, als aus Angaben der Erfahrung. Er glaubt sogar, es wäre besser, an den Enden der Stahlstangen ein Stück weiches Eisen von 4 bis 6 Lin. Länge anzuschweiſsen, um eine desto genauere Berührung der Pole mit dem Träger oder den Verbindungsstücken zu bewerkstelligen. Man hätte dabei den Vortheil, die Stäbe, die man zum Magnetisiren verwendet, über den Stahl in seiner ganzen Länge von einem Ende bis zum andern zu führen, statt daſs man jetzt in einiger Entfernung vom Ende aufhören müsse.

Fuss bringt noch folgende Verhaltungsregeln bei. Jede Störung oder Trennung der berührenden Theile während der Operation ist streng zu vermeiden und daher das Rectangel der Stäbe mit Nägeln oder hölzernen Klammern zu befestigen. Man soll nicht zu lange auf einem Stabe verweilen, sondern bald zum andern übergehn, nachdem man den erstern sogleich um seine Axe umgewendet hat. Mit dem Streichmagnete soll man in der Mitte des Stabes abgleiten, nicht auf den Enden. Die Bewegung des Streichens darf nicht rasch oder eilfertig seyn, dieses schadet dem Magnete und verspätet die Magnetisirung.

„Es ist," sagt er, „eine allgemein verbreitete, aber nichts „desto weniger irrige Meinung, daſs man mit Magneten von „bedeutender Masse und Stärke kleine Stäbe leicht bis zur „Sättigung magnetisiren könne, während das Gegentheil un„möglich sey. Gleichwohl haben wir (Fuss und Euler)

1 Encyclop. Britannica. 4th Ed. XII. p. 375.
2 L. c. p. 58.

„mit Magnetstäben von geringer Gröſse und Kraft groſse Huf-
„eisen und Stangen von 24 bis 30 Zoll Länge gut magneti-
„sirt, ohne jedoch im Stande zu seyn, mit sehr kräftigen
„Magneten kleinere Stücke auf die nämliche Kraft zu treiben,
„die wir ihnen mit ebenso kleinen Magnetstäben beigebracht
„hatten. Sehr oft, bemerkte Fuss, versuchte ich es, einen
„Stahlstreifen von 12 Zoll mit 12zolligen Stangen zu magne-
„tisiren. Doch war der Erfolg nie demjenigen gleich, bei
„welchem ich schwächere Magnete angewendet hatte."

Fuss will dieses Paradoxon durch die allzugroſse Heftigkeit des Stroms erklären, der in dem kleinen Stabe sich nicht gehörig ausbreiten könne, da hingegen ein schwächerer magnetischer Zufluſs sich leichter mit den Wirbeln im gröſsern Stabe verbinde, und fügt hinzu, Euler habe oft in Muſsestunden sich damit unterhalten, Stäbe von 18, 24 und 30 Zoll Länge mit 12zolligen bis zu deren völliger Erschöpfung zu bestreichen; nur müsse man Sorge tragen, den zu magnetisirenden Stab in seiner ganzen Breite zu reiben. Wenn bei groſsen Stahlmassen sich Knoten und unreine Stellen zeigen, über welche der Magnet leicht weggleitet, so müssen diese besonders und länger als die übrigen Stellen gerieben werden. Hufeisen sollen nach Fuss nur aus einem Stabe gemacht werden und zwar in den gewöhnlichen Verhältnissen (die Breite etwa $\frac{1}{12}$ der Länge). In der Mitte sollten sie breiter und dicker seyn und allmälig gegen die Enden hin sich bis auf 1 oder 2 Linien verdünnen, um dort dem magnetischen Strome durch Zusammenpressung mehr Heftigkeit zu geben. Zwei Hufeisen der Art, das eine von 11 Unzen, das andere von 2 Pfd. Gewicht, trugen gleich nach dem Magnetisiren 10 Pfd. und 30 Pfd., während andere von durchaus gleicher Dicke und Breite höchstens das Sechsfache ihres Gewichts zu heben vermochten. Späterhin brachte er die beiden zugespitzten Magnete bis auf 16 und 33 Pfde.

Aus dem bisher Gesagten ergiebt sich unbezweifelt, daſs diejenigen Methoden der Magnetisirung am wirksamsten seyen, bei welchen durch angelegte Eisen-, Stahl- oder besser Magnetstäbe eine Art Kreislauf des magnetischen Fluidums in dem zu magnetisirenden Körper während des Bestreichens erregt wird. Noch waren zur Zeit, als die verschiednen Methoden auf die Bahn gebracht wurden, die feinern Mittel, um die

Stärke des Magnetismus zu prüfen, nicht bekannt, und erst Coulomb und neuerlichst Kater haben sich bemüht, über die relative Wirksamkeit jener Verfahrungsarten einiges Licht zu verbreiten. Der erstere bediente sich hierzu der horizontalen Schwingungen, der letztere der Drehwaage.

Zum *ersten Versuche* wählte Coulomb einen gehärteten unangelassenen Stahldraht von 300 Millim. (11 Par. Z.) Länge und 7 Millim. (0,4 L.) Dicke, den er unter einem rechten Winkel über den Pol eines einfachen Magnetstabes weggleiten lieſs. An einem Seidenfaden aufgehängt machte dieser 10 Schwingungen in 74 Zeitsecunden. Ebenso viel machte er auch, als er über Magnetbündel von 4 und von 10 Stäben rechtwinklig gezogen wurde oder als er gar nach der Methode von Dühamel (Canton) oder der von Aepinus mit Zuziehung eines groſsen magnetischen Magazins magnetisirt wurde. Es war also hier gar keine Verstärkung möglich und *für Drähte von so geringem Durchmesser ist jede Art der Magnetisirung gleich.*

Zweiter Versuch. Eine angelassene Stahlfeder von der nämlichen Dicke und Länge, wie der Draht, jedoch 8 Millim. (3,5 L.) breit, machte auf die gleiche Weise mit dem einfachen Stabe bestrichen zehn Schwingungen in 77 Secunden, mit einem Doppelstabe bestrichen in 75 und mit einem Bündel aus zehn Stäben in 75, und in nicht weniger, als sie nach Dühamel's und Aepinus Methode behandelt wurde. Hier ist der Unterschied der Methoden zwar fühlbar, aber noch sehr unbedeutend; er wird stärker bei gehärteten Blechen.

Dritter Versuch. Ein Stahlblatt von 64 Millim. (6 Z.) Länge, 9 Millim. (4 Lin.) Breite und 0,6 Millim. (0,3 Lin.) Dicke, hellkirschroth angelassen, mit einem Doppelmagnete bestrichen, machte zehn Schwingungen in 51 Secunden, auf einem Bündel von vier Stäben gestrichen in 49 Secunden, auf 8 und 10 vereinigten Stäben in 47½ Sec., auf zwei geneigten Stäben in 47½ und in ebenso viel nach Dühamel's und Aepinus Methode bestrichen. Bei diesen Versuchen zeigte sich die Methode von Aepinus weniger wirksam, indem die Schwingungszeiten um ½ bis 1 Sec. gröſser wurden. Diese Unzulänglichkeit rührt ohne Zweifel von dem Umstande her, daſs bei diesem Verfahren die zuletzt bestrichene Hälfte des Stabes stets die stärkere Polarität hat.

Digitized by Google

Schon Coulomb bemerkt aus der Anordnung des Eisenfeilichts auf dem Papiere über einem so magnetisirten Stabe, daſs der Indifferenzpunct nicht in der Mitte, sondern dem stärkern Pole nahe lag; analog mit Kupffer's Beobachtung[1].

Vierter Versuch. Ein Streifen von 202 Millim. (7½ Z.) Länge, 14 Millim. (½ Z.) Breite und 1 Millim. (0,4 Lin.) Dicke, mehrere Male über den Pol eines vierfachen Magnetstabes hin und her geführt, machte zehn Schwingungen in 73 Sec. An einem vierfachen Magnetstabe ebenso behandelt in 62 Sec. An einem Bündel aus 10 Stäben in 59 Sec. Hingegen brachten nur zwei Stäbe unter einer Neigung von 15 bis 20 Gr. über den Streifen gleitend diese Zeit auf 53 Sec. Mit vier Stäben auf 49 Sec. und ebenso weit auch mit acht und zehn Stäben. Mehr vermochten auch die Methoden von Dühamel und Aepinus nicht mit einem oder mehrern Stäben die Schwingungszeit zu erniedrigen. Auch hier beweisen also die beiden letztern Methoden ihre entschiedene Ueberlegenheit, und für dünne Stäbe sind beide gleich gut, nur bei stärkern Massen ist die von Aepinus vorzüglicher. Coulomb bewies dieses mit einem der groſsen Stäbe, aus denen seine Magnete bestanden. Er hielt 400 Millim. (nahe 15 Z.) Länge, 15 Millim. (7 Lin.) Breite und 5 Millim. (2½ Lin.) Dicke und war hellkirschroth gehärtet. Nach der Methode von Aepinus mit zwei einfachen Stäben gerieben machte er zehn Schwingungen in 110 Sec. und konnte auch mit mehr Stäben nicht weiter gebracht werden. Nach Dühamel's Methode hingegen konnte er mit Magneten aus vier Stäben kaum diesen Sättigungsgrad erreichen.

Bei einem noch dickern Stabe von der nämlichen Länge, 25 Millim. (11 Lin.) Breite und 9 Millim. (4 Lin.) Dicke erreichte man nach Dühamel mit Magneten aus zehn Stäben eine Schwingungszeit von 162 Sec. Nach Aepinus bedurfte es nur der Magnete aus vier Stäben, um sie auf 153 Sec. als den Sättigungsgrad zu reduciren.

Für groſse Stäbe ist also die Methode von Aepinus die beste. Auch Biot, welcher Coulomb's Versuche mittheilt, findet, wie Fuss, daſs die *Gröſse* der Magnete zum Magnetisiren nicht viel hilft und daſs dagegen ein Bündel von klei-

1 S. oben: ***Vertheilung im Innern der Stäbe.***

Digitized by Google

nern Magnetſtäben viel wirkſamer iſt. Er ſchreibt dieſes dem Umſtande zu, daſs man jedem einzelnen Stabe für ſich eine gröſsere Kraft zu ertheilen im Stande iſt, als die Stahlmaſſe im Innern eines groſsen Magnets je erhalten kann. Wohl möchte auch die Vermehrung der Oberfläche, die dem Magnetiſmus einen ausgedehntern Aufenthalt gewährt, zu dieſer Ueberlegenheit weſentlich beitragen.

Bei ſeinen Verſuchen mit der Drehwaage bediente ſich Kater zweier Rectangel aus Stahlblech von 5 Z. Länge und etwa 0,02 Dicke. Das eine hatte 0,7 Z., das andere 0,35 Z. Breite. Das breitere wurde ſo lange dünner gefeilt, bis es mit dem andern gleiches Gewicht hatte, nämlich 142 Gran Engl. Beide waren im gleichen Zuſtande von Weichheit. Die zwei Magnete wurden ſenkrecht in der Mitte dieſer Stahlnadeln aufgeſetzt, ſo daſs ihre ungleichnamigen Pole einander berührten. Sodann wurden ihre untern Enden um ¼ Zoll aus einander geſchoben und durch ein Stückchen Holz getrennt erhalten, während die obern noch in Verbindung blieben. So wurden ſie auf beiden Seiten ſo lange hin und her geſchoben, bis die Nadel geſättigt ſchien. (Dieſes war nach Michell's Methode.)

Erſter Verſuch.

Die ſchmalere Nadel zeigte 655 an der Drehwaage,
— breitere — — 674 — — —

Zweiter Verſuch. Magnetiſirung wie die vorige; nur wurden auch die obern Enden der Magnete durch ein ebenſo dickes Stück Holz getrennt.

Schmale Nadel 595.
Breite — 580.

Des geſtörten Kreislaufs wegen geringere Wirkung.

Dritter Verſuch. Die Magnete, wie vorhin, ſenkrecht auf die Mitte aufgeſetzt, nachher ihre untern Enden um die halbe Länge der Nadel auseinandergeſetzt; die obern in Verbindung.

Schmale Nadel 760.
Breite — 780.

Vierter Verſuch. Die Magnete wie bisher in der Mitte vereinigt, nachher jeder allein nach ſeiner Seite zum Ende der Nadel in verticaler Stellung hingeführt, ſodann beide in einiger Entfernung von der Nadel wieder zuſammengebracht,

Digitized by Google

in der Mitte aufgesetzt und nach entgegengesetzter Seite auseinandergeschoben.

Schmale Nadel 993.
Breite — 1155.

Fünfter Versuch. Da die Oberfläche der kleinern Nadel zu rauh war, so daſs die Nadel nicht überall vom Magnete berührt wurde, so wurde sie glatt gefeilt und auch der gröſsere an Gewicht gleichmäſsig vermindert. Magnetisirung wie im ersten Versuche.

Schmale Nadel 1025.
Breite — 1150.

Sechster Versuch. Magnetisirung nach Duhamel; Neigung der Magnete 45 Grad.

Schmale Nadel 1070.
Breite — 1170.

Siebenter Versuch. Gleiche Magnetisirung, Neigung der Magnete 20 Grad.

Schmale Nadel 1085.
Breite — 1195.

Achter Versuch. Ebenso. Die Magnete bilden mit der Nadel einen Winkel von 1 bis 2 Graden.

Schmale Nadel 1160.
Breite — 1275.

Neunter Versuch. Die Magnete flach auf der Nadel liegend und von der Mitte bis zu den Enden geführt.

Schmale Nadel 1158.
Breite — 1261.

Zehnter Versuch. Die Magnete bilden mit der Nadel einen Winkel von 2 bis 3 Graden; ihre andern Enden sind durch einen sehr weichen Eisendraht verbunden.

Schmale Nadel 1145.
Breite — 1261.

Eilfter Versuch. Wie vorhin, nur ohne Draht.

Schmale Nadel 1160.
Breite — 1273.

Zwölfter Versuch. Beide Nadeln wurden beim Hellrothglühen durchaus gehärtet, nachher von der Mitte aus bis auf $\frac{1}{4}$ Zoll vom Ende angelassen, bis das Blaue verschwunden war. Die Nadeln wurden dann wie beim eilften Versuche magnetisirt und zeigten folgende Richtungskräfte:

Digitized by Google

Schmale Nadel 1815.
Breite — 1660.

Die letztere Nadel wurde, als bei einem spätern Erhitzen ein Stahlstückchen von 10 Gran sich losgesprengt hatte, noch einmal magnetisirt und erhielt dann eine Kraſt von 1720.

Dreizehnter Versuch. Zwei andere Nadeln, ebenfalls Rectangel, die eine von fünf, die andere von acht Zoll Länge und von gleichem Gewicht, aus dem nämlichen Stahlblech geschnitten, wurden bis zur Sättigung magnetisirt.

Die längere, welche auch schmaler war, zeigte 2275.
Die kürzere, breitere . . . . 1193.

Vierzehnter Versuch. Sie wurden bei Rothglühhitze gehärtet, nachher bis auf einen Zoll vom Ende unter die blaue Farbe angelassen und zeigten:

Die längere 2277.
Die kürzere 1865.

Kater's Versuche stimmen in so weit mit denen von Coulomb überein, daſs Canton's oder Duhamel's Methode der von Michell vorzuziehen sey. Merkwürdig ist dabei, daſs, so lange die Magnetstäbe vertical gehalten wurden, die Verbindung ihrer obern Enden oder ein gewisser Kreislauf des magnetischen Fluidums durch dieselben die Magnetisirung begünstigte. (S. Vers. 1 und 2.) Sobald sie aber nach auſsen geneigt waren, schien diese Verbindung keinen Vortheil zu gewähren (Vers. 10 und 11). Doch ist das Experiment wohl wegen der unbedeutenden Masse des Verbindungsdrahts nicht entscheidend. Ebenso auffallend ist auch die gröſsere Empfänglichkeit gehärteter Nadeln in Vergleichung zu den ungehärteten. Schade, daſs Kater nicht auch seine sehr stark angelassenen Nadeln mit ganz gehärteten verglichen hat. Immerhin beweisen auch diese Versuche, daſs der *Doppelstrich*, d. h. die Bestreichung mit zwei Magnetstäben zugleich und die fast horizontale Lage derselben, das wirksamste Erregungsmittel sey, gleichviel ob man die Methode von Canton und Duhamel oder die von Aepinus befolge.

Als ein Beförderungsmittel der Streichmethode ist noch die *Erwärmung* der zu magnetisirenden Stäbe anzuführen.

Schon Robison fand, daſs, wenn man einen kleinen Stab beim Rothglühen zwischen zwei Magneten ablöschte, er stärker magnetisch wurde, als auf irgend eine andere Weise. Neuer-

Digitized by Google

lich hat Friedrich Fischer in einer kleinen Schrift[1], die sonst nicht viel Neues enthält, die Erwärmung der Stäbe vor dem Magnetisiren empfohlen. Da diese hart seyn und bleiben sollen, so kann begreiflicher Weise von keiner groſsen Hitze die Rede seyn. Er empfiehlt nur, sie so warm zu machen, daſs man sie mit bloſser Hand nicht mehr anfassen kann. Alsdann soll man das Streichen so lange fortsetzen, bis der Stahl erkaltet ist. Es ist allerdings anzunehmen, daſs durch die Wärme die Capacität des Stahls für die Aufnahme des magnetischen Fluidums erhöht oder daſs durch dieselbe ein Theil des Magnetismus eingewickelt werde, wie es zum Theil mit der Elektricität geschieht, so daſs nachher bei eintretender Erkältung die erhaltene magnetische Kraft desto stärker hervortritt, allein bei einer so geringen Erwärmung, wie sie hier statt findet, muſs auch wohl die Wirkung gering seyn.

So wirksam diese Methoden für die Magnetisirung kleinerer Stäbe, z. B. der Magnetnadeln, sind, so wären sie doch für die Bereitung gröſserer Magnete theils zu umständlich, theils ungenügend. Weit geeigneter ist hierzu der *Elektromagnetismus.* Es bedarf hierzu nur einer Zink- und einer Kupferscheibe von mäſsiger Gröſse, ferner eines nicht ganz kleinen Hufeisens von weichem Eisen, welches mit etwas starkem Messing- oder Eisendraht umwunden werden muſs. Der Draht muſs zu besonderer Isolirung mit Seidenbändern umwickelt werden. Mit dieser Verwahrung können die Umwindungen des Hufeisens über einander hingehn. Statt der Umwickelung mit Seide kann man auch die Drähte selbst durch Streifen von Stanniol (Zinnfolie) oder dünngewalztem Blei ersetzen, die man zu besserer Isolirung durch wohlgetrocknetes oder gefirniſstes Papier, durch Seide oder Wachstaffent trennt. Die Vollständigkeit der Berührung, die mit solchen Streifen erreicht wird, giebt ihnen für diesen Zweck einen Vorzug vor den runden Drähten. Nach Hare leistet ein Stanniolstreif von $\frac{1}{2}$ Z. Breite und 17 F. Länge mehr, als ein Draht von 80 F. Die Zahl der Umwindungen scheint auf die Entwickelung des Magnetismus einen bedeutenden Einfluſs zu haben; ob der Draht links oder rechts gewunden werde,

1 Practische Anleitung zur Verfertigung künstlicher Magnete. 1833. 8.

Digitized by Google

ist einerlei; nur seine Länge ist von entscheidendem Einfluſs auf die Erregung. Den Versuchen des americanischen Physikers zufolge sollte man glauben, daſs eine Vertheilung der ganzen Drahtlänge auf mehrere einzelne von einander entfernt stehende Umwindungen die Wirkung bedeutend verstärke, doch fehlen hierüber die controlirenden Versuche. Die Verbindung derselben mit den Polen des Volta'schen Apparats geschieht am bequemsten durch dazwischen stehende Quecksilbergefäſse. An einem solchen mit Elektromagnetismus geladenen Hufeisen wird dann der Stahlstab gerieben oder, wenn er die Hufeisenform hat, statt des eisernen Trägers an die Enden dieses provisorischen Magnets angeschoben, so daſs der Strom durch das Stahlstück hindurch muſs. Schon dieser energische, magnetische Kreislauf muſs eine bedeutende Sättigung in dem zum Magnete bestimmten Stahle hervorbringen, die aber ohne Zweifel noch erhöht würde, wenn derselbe während desselben mit irgend einem zur Wärmeentwickelung geschickten, etwas harten Körper, am besten wohl mit Eisen oder einem tüchtigen Magnete, auf seiner ganze Oberfläche gerieben würde. Es ist rathsam, den Stahl mehrere Stunden der Wirkung des Volta'schen Stroms ausgesetzt zu lassen. Sollte, wie das zu geschehn pflegt, die Kraft desselben sich verringern, so ist es besser, die agirende Säure von dem Apparate zu entfernen, die Zink- und Kupferplatten schnell zu trocknen und frische Säure, die nach Bigeon[1] am besten aus Wasser mit $\frac{1}{80}$ Schwefelsäure und $\frac{1}{80}$ Salpetersäure zusammengesetzt wird, zuzugieſsen.

Gestalt und Gröſse der Magnete.

Beschaffenheit des Stahls, Härtung, Polirung desselben.

Ueber die besten Dimensionen der Stahlstäbe in Beziehung auf ihre Receptivität für den Magnetismus scheinen die frühern Bearbeiter dieses Faches keine Versuche angestellt zu haben. Höchstens über die Gestalt der Nadeln für die Compasse finden sich hier und da einige Vorschläge. Fuss schlägt für eigentliche Magnetstäbe eine Länge vor, die das Sechsfa-

---

1 Ann. de Ch. Janv. 1831. p. 80.

Digitized by Google

che der Breite halte. Dagegen fand schon Musschenbroek, daſs diejenigen Stäbe den stärksten Magnetismus annehmen, deren Länge das 24fache ihrer Breite betrug, und dieses Verhältniſs wird auch durch die Erfahrungen Coulomb's bestätigt, zufolge welcher in einem cylindrischen Stahlstabe von 2 Lin. Dicke der spürbare Magnetismus nur bis auf 4 Zoll vom Ende nach der Mitte statt fand. Er selbst construirte seine Magnetbündel aus Stäben von 16 Zoll Länge, bei 0,6 Breite und 0,4 Dicke. Er legte je zwei der Breite und auch der Dicke nach an einander, so daſs er aus drei Lagen oder sechs Stäben ein Bündel von 1,2 Z. Dicke erhielt. Die zwei in der Mitte liegenden Stäbe waren etwas länger, als die vier übrigen, und die Enden aller traten in ein Stück sehr weichen und reinen Eisens ein, das einer vierseitigen abgestumpften Pyramide glich und mit Schlitzen zur Aufnahme der flachen Stäbe versehn war; ein eisernes oder messingenes, dicht anschlieſsendes Band preſste die Stäbe in diese Beschuhung zusammen. Aehnliche Systeme aus acht, zehn oder mehr auf einander liegenden Stäben lassen sich leicht construiren, doch nimmt die Stärke solcher Magnete keineswegs im Verhältniſs der Stäbe zu, da, wie Coulomb's eigene Versuche beweisen, der Magnetismus der innern Lagen durch die polare Gegenwirkung der äuſsern zum Theil zerstört wird. Wäre die Verfertigung und die Härtung hohler stählerner Röhren nicht mit so groſsen Schwierigkeiten verbunden, so würden diese wohl die wirksamsten Magnetstäbe abgeben. Doch könnte man auch Stahlstäbe als Seiten eines sechs- oder mehrseitigen Prisma's anordnen, wodurch die Berührung derStäbe im Innern vermieden würde. Hufeisenmagnete werden ebenfalls mit Vortheil aus mehrern Lamen zusammengesetzt; doch möchte es dienlich seyn, hierbei die Zahl von dreien nicht zu überschreiten. Ueberhaupt hat es mit der Construction groſser Magnete gewisse Grenzen, über welche hinaus der Zweck einer verhältniſsmäſsig stärkern Wirkung nicht mehr erreicht wird. Schon die Beschaffenheit des Stahls und seine Bearbeitung steht mit der Gröſse der Masse einigermaſsen im Verhältniſs, indem die gewünschte Gleichförmigkeit und Reinheit bei kleinern Stücken ungleich eher als bei gröſsern zu erhalten ist; sodann ist die gleichförmige Erhitzung groſser Stücke und ihre Härtung bedeutenden Schwierigkeiten unterworfen; endlich steht der Um-

Digitized by Google

stand, daſs die magnetische Kraft, wie die elektrische, eine oberflächliche ist, einer allzustarken Vergröſserung der Dimensionen oder des kubischen Inhalts entgegen. Nach Barlow (in Folge seiner Versuche mit einer Kugel von dünnem Eisenblech) erheischt die magnetische Flüssigkeit eine Metalldicke, die über $\frac{1}{30}$ eines engl. Zolles geht. Nach Kater's Versuchen mit Cylindern von verschiedener Metalldicke und $2\frac{1}{4}$ Zoll Durchmesser äuſserte ein solcher Cylinder von 0,185 engl. Z. gleiche Ablenkung auf eine nahestehende Boussole, wie ein voller, und etwa $\frac{1}{4}$ mehr als einer von 0,1 Zoll Blechdicke[1]. Diese Dicke von 0,18 Z. engl. oder 2 Lin. franz. würde also das Maximum der Tiefe darstellen, bis zu welcher der Magnetismus in das weiche Eisen eindringt; daſs er beim harten Stahle ebenso tief gehe, ist wegen der weit geringern Permeabilität desselben zu bezweifeln. Auch stärkere Magnetismen, als der bei jenen Versuchen durch den Erdmagnetismus erregte, werden nicht tiefer gehn, da nach Coulomb's und Kupffer's Erfahrungen gerade der schwächere Magnetismus in einem Magnetstabe die gröſsere Länge einnimmt. Somit wären 4 bis 5 franz. Lin. eine genügende Dicke für die Stäbe, ihre Breite darf nicht über das Dreifache, höchstens Vierfache der Dicke gehn und die Länge soll etwa das 25fache der Breite betragen. Stäbe von 4 Lin. Dicke würden also 1 Zoll breit und 2 F. lang werden, was mit den gewöhnlichen Verhältnissen so ziemlich übereinstimmt.

Den Untersuchungen, welche Coulomb und Kater über diesen Gegenstand (jedoch der Letztere vorzüglich in Beziehung auf Compaſsnadeln) angestellt haben, ist dasjenige beizufügen, was neuerlich Scoresby der ältere hierüber bekannt gemacht hat[2]. Er hatte sich durch einen geschickten Arbeiter fünf Stäbe, A, B, C, D, E, jeder von 1 F. Länge und nahe 1 Z. Breite, aus der nämlichen Stahlmasse bereiten lassen. Ihre Dicken und die durch sie bewirkten Ablenkungen einer Compaſsnadel zeigt folgende Tafel:

1 Philos. Trans. f. 1821.
2 New Edinb. phil. J. by Jameson. April 1832.

	Dicke.	Ablenkung.	Tang. d. Abl.
A	0,55 Z.	33°	0,65
B	0,28	33¼	0,66
C	0,20	29	0,65
D	0,14	29	0,55
E	0,08	27½	0,52.

Insofern die Stäbe beim Glühn, Härten und Magnetisiren eine gleich günstige Behandlung erfahren haben, ist der Stab B, dessen Dicke etwa ¼ der Breite ausmacht, der kräftigste. Die dünnern sind offenbar schlechter.

Zwei *dünne* Stäbe D und E zusammen, deren Gesammtdicke derjenigen von C nahe gleich kommt, geben mehr Wirkung als dieser allein im Verhältniſs von 90:55 oder 5:3. Ungeachtet also die gleichnamigen Pole zweier Stäbe bei der Berührung sich etwas schwächen, so ist doch das System der Verbindungen der Anwendung einfacher ebenso dicker Stäbe bei weitem vorzuziehn.

Um den Einfluſs der Länge zu prüfen, verschaffte sich Scoresby vier Stäbe A, B, C, D von 36, 24, 12 und 4½ Z. Länge und bemerkte ihre ablenkende Kraft in verschiedenen Entfernungen.

A = 36 Z.			B = 24 Z.		
Abstand v. Compaſs.	Ablenkg.	Tang.	Abstand v. Compaſs.	Ablenkg.	Tang.
3 Fuſs	34° 11′	679	2 Fuſs	30° 30′	589
6 —	7 43	135	4 —	6 22	112
9 —	2 44	48	6 —	2 15	39
12 —	1 18	23	8 —	1 7	19
15 —	— 43	13	10 —	— 38	11
18 —	— 25	7	12 —	— 23	7

C = 12 Z.			D = 4½ Z.		
Abstand v. Compaſs.	Ablenkg.	Tang.	Abstand v. Compaſs.	Ablenkg.	Tang.
1 Fuſs	34° 50′	696	0 F. 4½ Z.	59° 35′	1703
2 —	7 40	135	— 8½ —	8 0	141
3 —	3 0	52	1 ¾ —	2 55	51
4 —	1 22	24	1 5 —	1 22	24
5 —	— 50	15	1 9¼ —	— 42	12
6 —	— 25	7	2 1¼ —	— 27	8

Digitized by Google

Die hier gegebenen Ablenkungen sind das Mittel aus Anziehung und Abstoſsung. Für verhältniſsmäſsige Entfernungen scheinen wohl die kürzern Stäbe kräftiger zu seyn; doch ist dieses, namentlich bei dem Stabe D, nur eine Folge der Einwirkung des entgegengesetzten Pols auf die Prüfungsnadel, deren Länge immer dieselbe blieb. Schon bei den Entfernungen von zwei oder von drei Stablängen sind die Tangenten der Ablenkungen nahe dieselben für alle vier Stäbe; der Stab B war offenbar schlechter magnetisirt, als die übrigen, was zugleich den Grad des Zutrauens angiebt, den solche einzelne Versuche verdienen. Daſs übrigens auf gleiche absolute Distanzen die Wirksamkeit der gröſsern Stäbe in einem weit stärkern Verhältnisse als demjenigen der Länge zunehme, fällt in die Augen. Scoresby combinirte sechs gleiche Stäbe in verschiedenen Gruppirungen, sie entweder parallel oder in die Verlängerungslinie legend, wie bereits schon früher Scoresby der jüngere gethan hatte. Es fand sich, daſs eine Berührung ungleichnamiger Pole in der Mitte des Systems einige Verstärkung zeigte und daſs, wie bekannt, das Zusammenhalten gleichnamiger Pole schwächend war. Waren die Stäbe in paralleler Lage einander auf $\frac{1}{4}$ Zoll genähert, so hatten sie 6 bis 8 Proc. weniger Wirkung, als wenn sie einen Fuſs weit von einander abstanden. Wirkliche Berührung hatte eine dauernde Schwächung zur Folge, die ebenfalls auf einige Procente anzuschlagen war, jedoch bei harten Magnetstäben weniger als bei weichen betrug. In Beziehung auf die Zahl der Stäbe im Verhältnisse zur Wirkung fand Scoresby, daſs für alle praktische Fälle die Ablenkung der Zahl der Stäbe proportional sey, obgleich der vereinte Magnetismus nicht der Summe der einzelnen Kräfte gleich kommt.

Welche *Gattung von Stahl* für Magnete den Vorzug verdiene, darüber fehlt es, wie in so manchem Theile dieses Capitels, an hinreichenden Bestimmungsgründen. Reinheit und Gleichförmigkeit mögen immerhin Haupterfordernisse seyn und in dieser Hinsicht sind die feinern Stahlsorten, z. B. die englischen, sehr zu empfehlen. Coulomb schreibt allen Stahlsorten, die nicht entschieden schlecht sind, eine gleiche Empfänglichkeit für den Magnetismus zu; Kater zieht den schwedischen Stahl selbst dem englischen vor. Auf jeden Fall hat die Behandlung des Stahls in Beziehung auf Hämmern,

den verschiedenen Grad der Glühhitze, die Dauer derselben und die Härtung ungleich gröſsern Einfluſs, als die geringern Verschiedenheiten des Stoffes selbst. Ein Stahlstück, das anfänglich unbrauchbar schien, kann nach MICHELL's Zeugniſs durch wiederholtes Glühen und Härten sehr gut werden; hingegen wird auch umgekehrt durch allzugroſse und anhaltende Hitze die Natur des Stahls, sein Gehalt an Kohlenstoff, seine Textur in solchem Grade verändert, daſs er zur Aufnahme des Magnetismus untauglich wird.

Ganz neulich hat auch BAUMGARTNER[1] durch evidente Versuche bewiesen, daſs gleichförmiges Ausschmieden und Härten auch geringere Stahlsorten brauchbar machen könne, daſs aber besondere Eisenadern, so wie überhaupt jede Unterbrechung der Gleichförmigkeit der innern Textur, der Fortpflanzung des Magnetismus im Stahle und seiner Empfänglichkeit auf eben die Weise entgegenstehn, wie dieses in andern Körpern beim Schalle, beim Lichte und selbst bei der Elektricität der Fall ist. Ob aber diese Analogie uns schon berechtige, die Fortpflanzung des magnetischen Fluidums in eine ähnliche oscillatorische Bewegung zu setzen, ist eine metaphysische Frage, mit der es jedenfalls bei diesem Gegenstande noch zu früh scheint.

Die meisten, besonders die ältern Physiker rathen an, die Magnetstäbe ganz *hart* zu machen, wohl wissend, daſs sie zwar in diesem Zustande den Magnetismus langsamer annehmen, ihn aber auch desto länger behalten; sie lassen jedoch die Hitze nicht zur Weiſsglühhitze steigen, sondern löschen den Stahl, wann er hell kirschroth glüht, in kaltem Wasser ab. Da bei dieser Operation die Stäbe sich leicht werfen, so muſs man sie entweder durch Abschleifen gerader machen, zu welchem Ende man ihnen eine überflüssige Dicke giebt, oder man läſst sie nach BIOT's Anrathen *blaſsgelb* (*à la première nuance de jaune*) anlaufen, um sie dann durch Hämmern gerade zu richten, eine Operation, deren Erfolg bei diesem Härtegrade nur langsam und schwerlich genügend erreicht wird. Einige halten es für besser, den Stahl in Oel abzulöschen; dadurch wird allerdings das Zerreiſsen und Bersten desselben vermieden, allein die Härtung nähert sich mehr der

1 Baumg. Ztschr. f. Ph. u. verw. Wissensch. III. 66.

Digitized by Google

Federhärte, welche in der Farbenreihe des Anlassens mit der blaurothen Farbe oder einer der weichern Stufen übereinstimmt. Daſs diese Erweichung für einen bleibenden Magnetismus untauglich sey, darüber ist man allgemein einverstanden. Doch glauben einige, ohne Nachtheil die Mitte des Magnetes ganz anlassen zu dürfen, nur den Enden ihre Härte zu lassen; andere sogar begnügen sich, nur diese Enden zu härten, ein Verfahren, das einer gleichförmigen und vollständigen Vertheilung des magnetischen Fluidums im Stabe entgegen zu seyn scheint. Vergleichende Versuche über die Vorzüge der einen oder andern dieser Verfahrungsarten wären allerdings sehr wünschenswerth.—

In der neuesten Zeit hat Quetelet die Lehre vom Magnetisiren der Stahlstäbe mit einigen Erfahrungen bereichert, die, wenn sie auch an sich nicht sehr ausgedehnt sind, doch wenigstens durch ihre sichere Begründung einen werthvollen Zuwachs unserer Kenntnisse in diesem Gebiete ausmachen. Sein Bestreben ging vornehmlich dahin, den stufenweisen Gang auszumitteln, welchen die Magnetisirung bei fortgesetzten Streichungen in geriebenen Stäben nimmt, so daſs man im Stande wäre, nach jeder gegebenen Anzahl von Streichungen den Zustand des magnetisirten Stabes anzugeben. Zum Magnetisiren bediente sich Quetelet des Doppelstrichs mit getrennten Magneten (*contact séparé*), wobei die zwei Magnete in der Mitte der Nadel aufgesetzt und unter einer Neigung von etwa 10° nach ihren Enden hingeführt wurden. Die erhaltene Kraft wurde nach jedem Streichen durch die Zeit geprüft, in welcher 100 Oscillationen, die immer von der nämlichen Schwingungsweite ausgingen, vollendet wurden. Man steckte zu dem Ende die Nadel in eine papierne Hülse oder Kappe, welche an einem einfachen Seidenfaden von 1 Decimeter (3,7 Zoll) Länge aufgehängt war.

Um die hier sich darbietenden Erscheinungen einer genauen Anordnung zu unterwerfen, nahm Quetelet die Formel $i = I\,(1 - \mu^{x^\alpha})$ zu Hülfe, in welcher I das Maximum der magnetischen Kraft ausdrückt, welche die Nadel erhalten kann, i hingegen den nach einer durch x bezeichneten Anzahl von Streichungen bewirkten Theil dieser Kraft vorstellt; μ und α sind zwei Constante, die von der Form, Gröſse, Gewicht und Coercitivkraft der Nadel, so wie auch von der Stärke der

gebrauchten Magnete abhängen. μ ist offenbar ein Bruch und die Curve dieser Gleichung hat eine Asymptote, welcher sie desto näher kommt, je gröſser x wird. Sie durchschneidet hingegen die Linie der Abscissen, wenn $x = 0$ ist oder auch wenn durch die ersten Streichungen ein bereits vorhandener Magnetismus der Nadel zerstört und in den entgegengesetzten verwandelt wird. Hat die Nadel bereits eine magnetische Kraft, welche einer Anzahl von c Streichungen entspricht, so wird $i = I\,(1 - \mu^{(x + c)^n})$, wenn die neue Magnetisirung von der nämlichen Polarität ist, im erstern Falle hingegen hätte man $i = I\,(1 - \mu^{(x - c)^n})$.

Der erste Versuch wurde mit einer cylindrischen Nadel angestellt, deren Enden konisch zugespitzt waren, so daſs die Höhe des Conus dem Halbmesser seiner Basis gleich war. Ihre ganze Länge betrug 64,5 Millim. (2,4 Z.) und ihr Gewicht 5445 Milligrammes (100 Gran). Sie wurde mit zwei gleichen Stäben magnetisirt von 153 Millim. (5,6 Z.) Länge, wovon der eine 86175, der andere 85300 Milligrammes wog. Der erstere machte 10 Schwingungen in 90 Sec., der letztere in 86,56. Ihr statisches Moment ist also nach der bekannten Formel

$$m = \frac{\pi^2 P l^2}{3 g T^2}$$

= 2234,2 Milligr. für den erstern und 2088,2 für den letztern, und diese Zahlen drücken die Kraft aus, mit welcher diese Gewichte an einem Hebel von 1 Millim. Länge gewirkt hätten; die Magnete gehörten zu einem Inclinatorium von Troughton und Simms. Folgende Tafel enthält die Dauer von 10 Schwingungen, welche die Nadel nach den successiven Bestreichungen vollendete, nebst ihren relativen Intensitäten.

x	t	i	x	t	i	x	t	i
1	61″,25	2,665	5	42,75	5,472	12	36,00	7,720
2	52, 42	3,639	6	41,72	5,745	16	34,00	8,656
3	47, 51	4,430	8	39,21	6,504	20	33,53	8,895
4	44, 34	5,086	10	36,68	7,433	30	32,15	9,675

Da die Nadel nach 30 Reibungen eine Intensität von 9,675 zeigte, so dürfen wir annähernd I = 10 setzen. Die Nadel beſaſs vor dem Bestreichen gar keine magnetische Kraft,

Digitized by Google

wenigstens nur eine solche, die durch 0,044 sich ausdrücken lieſs. Wir können also auch $c = 0$ annehmen und μ aus der Zahl 2,665 herleiten, indem wir $x = 1$ setzen. Man hat also

$$2{,}665 = 10\ (1 - \mu),\ \text{also}\ \mu = 0{,}7335.$$

Der Werth von α läſst sich sodann aus einer der übrigen Beobachtungen herleiten, und wenn wir aus der Formel $i = 10\ (1 - 0{,}7523^{x^{0{,}6637}})$ die Intensitäten berechnen, so sind die daraus abgeleiteten Schwingungszeiten von den beobachteten noch um keine Secunde verschieden.

Durch mehrere Versuche mit Nadeln von gleicher Geſtalt und Gröſse findet sich Quetelet zu dem Schlusse bewogen, daſs $\alpha = \frac{2}{3}$ und I einem Werthe gleich zu setzen sey, der nur wenig mehr als i nach der 30sten Reibung betrage. Zuweilen genügt schon die 20ste Reibung, μ nähert sich dem Werthe von 0,8 und α wird zuweilen $\frac{3}{4}$. Jedesmal zeigt sich die erste Bestreichung in ausgezeichnetem Maſse wirksam.

Quetelet versuchte weiter den Einfluſs zu bestimmen, den eine abwechselnde Umkehrung der Pole auf die Magnetiſirung der Nadel haben möchte. Er wählte hierzu ein Stück englischen Stahls von 15 Centim. (5,54 Z.) Länge, 15 Millim. (0,5 Z.) Breite und 7 Millim. ($\frac{1}{4}$ Z.) Dicke. Er bestrich den Stab auf jeder der zwei breiten Flächen und fand, daſs er nach der 24sten Bestreichung an Kraft wenig mehr zunahm, indem er 10 Schwingungen in 145,18 Sec. vollendete. Als er jedoch demselben noch auf den schmalen Flächen ebenfalls 24 Striche gab, bedurfte derselbe nur 127,5 Sec. zu 10 Schwingungen und die Kraft hatte im Verhältnisse von 4,74 zu 6,14, d. h. um $\frac{1}{4}$ zugenommen. Diese Erfahrung war Beweggrund genug, um bei allen folgenden Magnetiſirungen die Stäbe auf allen vier Flächen zu bestreichen. Quetelet lieſs sich die Mühe nicht verdrieſsen, mit dieser Nadel 17 Reihen von 24 vollständigen Bestreichungen vorzunehmen und nach jeder einzelnen Bestreichung die Zeit von 100 Schwingungen zu untersuchen. Bei jeder neuen Reihe wurden gleich durch den ersten Strich die Pole umgewandt, so daſs die neun ungeraden Reihen (1, 3, 5 u. s. w.) die eine, die acht geraden (2, 4, 6 u. s. w.) die entgegengesetzte Polarität hatten. Die Resultate

dieser mehrtägigen Arbeit sind in folgenden Sätzen ausgedrückt.

1) Eine einzige vollständige Bestreichung war hinreichend, nicht nur jedesmal eine Umkehrung der Pole zu bewirken, sondern auch einen bestimmten Magnetismus entgegengesetzter Art hervorzurufen.

2) Die Magnetisirungen in der ungeraden Reihe, d. *h.* diejenigen, welche die Nadeln auf ihren ursprünglichen Magnetismus zurückführten, waren wirksamer, als die für den entgegengesetzten Magnetismus. Diese durch die groſse Zahl und Uebereinstimmung der Versuche entschiedene Erfahrung Quetelet's berichtigt die Behauptung von Dühamel und Fuss, welche das Gegentheil gefunden haben wollten; sie findet auch ihre volle Bestätigung in einer Bemerkung Ritchie's über die Umkehrung der Pole an Elektromagneten und an Magneten überhaupt[1]. Der Widerstand, welchen ein Magnet der Umkehrung seiner Pole entgegensetzt, ist desto gröſser, je *länger* er im Zustande des vorigen Magnetismus gelegen hatte, und er ist immer leichter auf die ursprüngliche Polarität zurückzubringen, als auf die entgegengesetzte. Hier scheint allerdings eine gewisse Anordnung der Molecülen mit im Spiele zu seyn, obgleich es schwer halten dürfte, darüber genaue Rechenschaft zu geben, wenn man nicht zu den Strömen, Röhren und Ventilen der Physiker des vorigen Jahrhunderts zurückkehren wollte.

3) Je öfter die Pole umgewendet wurden, desto geringer war die definitive Kraft der Nadel, wenigstens bis zur zwölften Bestreichung. Später traten kleine Anomalieen ein, die im Streichen selbst ihren Grund haben konnten.

4) Die einer gewissen Anzahl von Reibungen entsprechenden Intensitäten waren anfangs sehr ungleich in der geraden und der ungeraden Reihe, näherten sich aber einer gewissen Grenze, wo die Unterschiede sehr gering waren und vermuthlich ganz verschwunden wären, wenn das Fluidum sich symmetrisch in den beiden Hälften des Stabes vertheilt hätte.

5) Die Umkehrung des Magnetismus auf die unsprüngliche Polarität ging zwar immer leichter von statten, als die

1 The Lond. and Edinb. philos. Mag. Vol. III. No. 14. p. 124.

Uebersetzung in die gerade Reihe, wurde aber nach einer gewissen Menge von Bestreichungen merklich schwieriger.

Quetelet bestätigt diese Sätze noch durch eine groſse Menge ähnlicher Beobachtungen und untersucht noch das Verhältniſs der magnetischen Kräfte in den magnetisirenden zu den magnetisirten Stäben. Den obigen Angaben zufolge hatte er das Moment der Kraft seiner Magnetstäbe von 153 Millim. Länge und 86 Grammen Gewicht auf 2234 und 2088 Milligr. bestimmt. Der magnetisirte Stab hielt 152,7 Millim. Länge und 98 Gr. Gewicht; er machte 10 Schwingungen in 127,5 Sec., mithin kommt sein statisches Moment auf 1179 Gr. zu stehn. Es ist also nur etwa halb so groſs als das eines Magnetstabes von gleicher Länge. Zu bemerken ist, daſs er von sehr hartem Stahl war. Ein kleinerer Stab von 76 Millim. Länge und 11,85 Gr. Gewicht machte nach der ersten Reihe von Strichen 10 Schwingungen in 44″,5. Sein statisches Moment ist also 291,3 Gr., also achtmal geringer, als das der Magnetstäbe, und der vierte Theil des magnetisirten Stabes von doppelt so groſsen Dimensionen. Die magnetischen Kräfte dieser Stäbe verhalten sich also wie die Quadrate ihrer homologen Dimensionen, d. h. ihre *Oberflächen.*

Wendet man die oben gegebene Formel

$$i = I\ (1 - \mu^{x^{\alpha}})$$

auf Stäbe von sehr verschiedenen Dimensionen an; so findet sich, daſs mit wenigen Ausnahmen die Werthe der Constanten μ und α eine bestimmte Gröſse erreichen; μ wird in den meisten Fällen = 0,36 und $\alpha = \frac{1}{2}$, so daſs sich die Beobachtungen durch die Gleichung $i = I\ (1 - 0{,}3^{\sqrt{x}})$ darstellen lassen. Einzig verändert sich der Parameter der Curve I je nach der Gröſse und der Coercitivkraft des magnetisirten Stabes; auch muſs vor dem Bestreichen sorgfältig in Acht genommen werden, ob wirklich der Stab noch keinen Magnetismus enthalte.

Durch Quetelet's mit groſser Beharrlichkeit durchgeführte Versuche ist also auſser Zweifel gesetzt:

1) daſs die Wirksamkeit der Bestreichung sich nach der Gröſse der geriebenen Oberfläche richtet;

2) daſs durch die Umkehrung der Pole nur eine geringere magnetische Kraft erreicht wird;

3) daſs, wenn die Magnete gröſser sind, als die Nadel, die erste *vollständige* Bestreichung derselben ziemlich nahe die Hälfte des Magnetismus ertheilt, dessen sie fähig ist;

4) daſs nach zwölf vollständigen Bestreichungen die Nadel vom Maximum ihrer Kraft nicht sehr entfernt ist.

Faraday's Entdeckung des Magneto-Elektrismus hat neuerdings das Bedürfniſs rege gemacht, groſse und kräftige Magnete in Hufeisenform zu verfertigen. Bei dieser Gelegenheit hat es sich auch ereignet, daſs manche ein Geheimniſs zu besitzen wähnten, durch ein eigenthümliches Verfahren des Bestreichens die magnetische Kraft ausnehmend zu verstärken, andere aber ein solches vermeintliches Arcanum für bedeutende Kosten von herumziehenden Betrügern erkauften. Nach dem, was ich aus sehr sicherer Quelle hierüber in Erfahrung gebracht habe, beruht das ganze Geheimniſs im Wesentlichen auf der bereits bekannten Regel, daſs man beim Streichen den Anker anlegen müsse. Geschieht dieses, dann ist die Art des Bestreichens von minderer Bedeutung und mehrere verschiedene Methoden führen leicht zu dem nämlichen erwünschten Ziele; inzwischen ist die gewöhnliche Art folgende. Man legt den ungestrichenen Magnet mit seinem Anker auf einen Tisch, Fig. 165. setzt den Nordpol so, wie in der Zeichnung ausgedrückt ist, auf den zum Nordpole bestimmten Schenkel, führt ihn langsam fort, indem stets beide Schenkel mit dem zu magnetisirenden Hufeisen in Berührung bleiben, bis der mit S bezeichnete Südpol zum punctirten S gekommen ist, und entfernt ihn dann über den Anker hinaus. Nach solchem einmaligen Streichen hat der Magnet schon eine beträchtliche Stärke angenommen; allein man begnügt sich damit nicht, sondern streicht, ohne abzuziehn, mehrmals auf die angegebene Weise rückwärts und vorwärts, indem man zugleich auf den geraden Schenkeln wiederholt kurze Strecken rückwärts und vorwärts streichen kann, jedesmal aber den vorausgehenden Pol bis ganz an das Ende führt, zieht endlich den Streichmagnet ab, kehrt den gestrichenen mit festsitzendem Anker um und streicht ihn auf der andern Seite auf gleiche Weise. Am vortheilhaftesten ist es, mehrere gleiche Hufeisen zugleich zu streichen und sich der gestrichenen, so wie ihre Stärke zunimmt, zugleich als Streich-

Digitized by Google

magnete zu bedienen. In diesem Falle legt man die zu streichenden Magnete mit ihren für entgegengesetzte Magnetismen bestimmten Schenkeln zusammen, setzt den Streichmagnet so, wie eben angegeben ist, auf und fährt mit demselben mehrmals ganz herum, wobei man über den geraden Schenkeln wiederholt hin- und herfährt, endlich aber zieht man ihn über eine der Krümmungen hinaus mit beiden Schenkeln wieder ab. Alsdann wird der eine von ihnen am gebogenen Ende aufgehoben und über den andern gelegt, ohne daſs ihre Schenkel auſser Berührung kommen, um sie nicht durch Abreiſsen zu schwächen, jeder wird mit einem Anker versehn und dann erst werden sie getrennt. Aus eigenen Versuchen habe ich mich überzeugt, daſs durch dieses Verfahren den Magneten in sehr kurzer Zeit eine bedeutende Stärke ertheilt wird; auch ist es auffallend, daſs bereits gestrichene starke Magnete meistens durch einen einzigen Gegenstrich, indem man die umgekehrten Pole des Streichmagnets aufsetzt, ihren Magnetismus verlieren, bei wiederholtem Streichen aber den entgegengesetzten annehmen. Auch bei diesem Verfahren hängt jedoch die relative Stärke der erzeugten Magnete von ihrer Gestalt, Gröſse und hauptsächlich der Art des Stahls ab, weswegen man beim Vorzeigen ungewöhnlich starker Magnete sich nicht darf überreden lassen, ihre Stärke sey eine bloſse Folge der gepriesenen Methode des Streichens, da solche Individuen vielmehr ihre Kraft der Güte des Stahls und der geeigneten Härtung verdanken, worüber wir jedoch, wie oben bereits bemerkt wurde, noch keine vollständige Belehrung erhalten haben [1].

Fig. 166.

Diese Resultate stimmen in der Hauptsache mit denen überein, welche neuerdings Joh. Hoffer aus einer langen Reihe von Versuchen erhalten und bekannt gemacht hat [2]. Hiernach legt man den zu fertigenden Magnet mit vorliegendem Anker auf einen Tisch, setzt auf die vorher bezeichneten Pole desselben die gleichnamigen

Fig. 167.

1 Gestrichene Magnete haben eine bedeutende Tragkraft, wenn der beim Streichen angelegte Anker mit ihren Schenkeln in Berührung bleibt, verlieren aber von ihrer Stärke beim Abreiſsen desselben. Beim Ankauf von Magneten muſs man hierauf Rücksicht nehmen, um nicht über die Tragkraft getäuscht zu werden.

2 Baumgartner Zeitschrift für Physik u. verw. Wissensch. Bd. II. S. 197. 360. Bd. III. S. 193.

Pole des vertical gehaltenen Streichmagnets so auf, daſs ihre äuſsern Seiten mit dem Anker fast zur Berührung kommen, und führt ihn im langsamen, gleichmäſsigen Zuge, wobei er stets eine der ursprünglichen parallele Richtung behalten muſs, bis über den gebogenen Theil hinaus, führt ihn in einem hinlänglichen Abstande von dem zu streichenden Magnete herum und streicht auf die angegebene Weise vier- bis sechsmal, wodurch der gestrichene Magnet diejenige Tragkraft erhält, die er durch den angewandten Streichmagnet erhalten kann. Es scheint mir kaum nöthig, hier hinzuzusetzen, daſs es gewiſs nur vortheilhaft, auf keine Weise nachtheilig seyn würde, wenn man nach der oben angegebenen Methode den zu streichenden Magnet nach etwa vier Strichen umkehren und auf der andern Seite gleichfalls streichen wollte. Hierbei könnte es auffallend scheinen, daſs im gestrichenen Magnete die gleichnamigen Pole des streichenden entstehn; allein diese Thatsache ist so gewiſs, daſs sogar der Anker im Augenblicke des Aufsetzens mit gleicher Kraft, als welche der Streichmagnet ausübt, festgehalten wird. Die Vertheilung der Magnetismen geschieht demnach in der Art, daſs beide in Berührung gebrachte Magnete gleichsam einen einzigen ausmachen.

Fig. 168. Eine zweite Methode des Streichens ist die umgekehrte der eben beschriebenen; man setzt nach vorgelegtem Anker die ungleichnamigen Schenkel des Streichmagnets dicht unterhalb der obern Krümmung auf, führt sie auf eine der eben beschriebenen gleiche Weise bis zu den Enden fort, über diese hinaus, und wiederholt dieses Verfahren auf eben die Art, wie bei der ersten Methode. Hierbei ist das Anlegen des Ankers nicht im gleichen Grade nothwendig, auch kann der Streichmagnet, wenn er nahe bis ans Ende der Schenkel fortgeführt ist, seitwärts abgezogen werden. Die Wirkung jeder der genannten Methoden wird wieder aufgehoben, sobald man den Streichmagnet rückwärts führt, und es folgt also hieraus, daſs man einem bereits magnetischen Hufeisen seine Kraft durch ein entgegengesetztes Streichen nehmen könne, wobei es jedoch auf die Stärke des Magnetismus im streichenden und gestrichenen Magnete ankommt, ob die vorhandene magnetische Kraft bloſs geschwächt, oder gänzlich aufgehoben, oder sogar umgekehrt werden soll. Merkwürdig ist dabei, daſs man einem stärkern Magnete seine Kraft durch einen schwächern

Digitized by Google

vermittelst des Gegenstriches zwar bis auf ein verschwindend kleines Residuum nehmen, aber ihm nicht die entgegengesetzte Polarität geben kann, obgleich sein ursprünglicher Magnetismus bis zur Stärke des Streichmagnets augenblicklich und meistens durch einen einzigen Strich wieder hervorgerufen wird; vermittelst eines stärkern Streichmagnets wird aber die Umkehrung der Pole allezeit unfehlbar bewirkt.

Die Stärke und Dauer des erzeugten Magnetismus hängt auch nach Hoffer sehr von der Beschaffenheit der angewandten Hufeisen ab[1]. Vor allen Dingen ist der feine und gleichartige Stahl der beste, indem beigemengte Eisentheile eine bleibende Magnetisirung sehr hindern oder wohl gar unmöglich machen. Nicht mit gleicher Bestimmtheit läſst sich der Härtegrad angeben, weil dieser zugleich von der Beschaffenheit des Stahls abhängt und der ursprünglichen Härte des letztern umgekehrt proportional seyn muſs; doch läſst sich annehmen, daſs ein Anlassen zur strohgelben Farbe nach dem Härten den besten Erfolg verspricht. Bei gröſserer Härte wird der Magnetismus schwerer angenommen, aber ungleich bleibender festgehalten. Die Form ist gleichfalls von groſser Wichtigkeit. Die des Hufeisens ist zwar an sich sehr vorzüglich, allein es ist dann auch nöthig, daſs die Schenkel gerade und einander parallel sind, auch müssen sie die nämliche Entfernung von einander haben, als die des Streichmagnets, um von diesen genau berührt zu werden. Auſserdem bestätigt sich auch hierbei das Gesetz, daſs der Magnetismus sich vorzüglich auf der Oberfläche ausbreitet, weswegen eine verhältniſsmäſsig gröſsere Breite gegen die Dicke sehr vortheilhaft ist. Die ungewöhnlich starken, durch Hoffer verfertigten Magnete (sogenannten Taschenmagnete) hatten 7 bis 7,5 Z. Länge von der höchsten Spitze des Bogens bis zur Ankerfläche, 0,14 bis 0,18 Z. Dicke und ungefähr die fünffache Breite bei einem dieser letztern höchstens gleichkommenden Abstande der Schenkel von einander. Das Gewicht eines solchen beträgt im Mittel 20 Loth und sie erhalten durch etwa 4 Striche eine Tragkraft von 8 bis 11 Wiener Pfunden[2]. Andere von 6,5 Z.

---

1 Aus verschiedenen Versuchen scheint zu folgen, daſs der steierische Stahl wo nicht der beste, doch sehr geeignet für hufeisenförmige Magnete ist.

2 Die Tragkraft im Verhältniſs zum eignen Gewichte nimmt zwar

Länge, 0,85 Z. Breite, 0,15 Z. Dicke, 0,62 Z. Weite der Schenkel und einem Gewichte von 18 Loth trugen über 11 ℔. Gröſsere von 10 Z. Länge, 1,4 Z. Breite, 0,25 Z. Dicke, 0,8 Z. Weite der Schenkel und einem Gewichte von 2 ℔ 6 Lth. trugen 13 bis 15 ℔.

Hoffer hat die eben beschriebenen Methoden des Streichens auch auf gerade Stäbe angewandt, und es wäre allerdings wünschenswerth, wenn man diese von gröſserer Stärke erhalten könnte, als diejenigen sind, die man gewöhnlich in den physikalischen Cabinetten findet und die selten mehr als ihr eigenes Gewicht tragen, wenn dieses ein oder mehrere Pfunde beträgt. Solche stark magnetische Parallelepipeda sind aber zu verschiedenen Versuchen sehr geeignet, und es fragt sich, ob man diese nicht vortheilhaft aus mehrern über einander liegenden flachern Stäben zusammensetzen könnte, worüber mir jedoch noch keine Erfahrungen bekannt sind. Hoffer machte seine Versuche mit Stangen von 8 bis 18 Zoll Länge, 0,6 bis 1,2 Zoll Breite und 0,2 bis 0,15 Zoll Dicke, bei denen jeder Pol aber bedeutend mehr als sein eigenes Gewicht trug. Bekanntlich vereinigt man solche etwa 3 bis 4 Z. lange, 1 bis 1,5 Z. breite und gegen 2 Lin. dicke Stangen mit ihren gleichartigen Polen zu einem Bündel, legt an die Polarenden ein dickes Blech mit einem Fuſse und erhält auf diese Weise starke Magnete, die im Aeuſsern den armirten gleichen. Die vorher beschriebene Methode des Streichens hat ohne Zweifel ihre Vorzüge dadurch, daſs beide Schenkel sowohl des gestrichenen, als auch des streichenden Magnets in Thätigkeit kommen, und dieses läſst sich auch bei den geraden Stäben in
Fig. 169. Anwendung bringen. Man legt zu diesem Ende zwei Stangen neben einander, versieht sie an beiden Enden mit Ankern, setzt an den Enden zwei gleiche und wo möglich gleich starke Magnete mit beiden Polen auf und führt sie gleichmäſsig bis in die Mitte, wo sie dann seitwärts nach entgegengesetzten

mit der Gröſse ab, auch giebt es hierüber wenige genaue Bestimmungen; allein nach Muncke's Beobachtungen ging die Tragkraft gröſserer Magnete nicht über das Siebenfache des eigenen Gewichts hinaus und eine ebendaselbst angegebene zwanzigfache Tragkraft gehört gewiſs unter die seltenen Ausnahmen. S. Handbuch d. Naturlehre Th. I. S. 844. Einen Magnet von 3 Pfd., welcher 60 Pfd. trüge, giebt es gewiſs nicht.

Richtungen abgezogen werden, nachdem sie einander bis zur Berührung genähert waren. Wiederholt man dieses Verfahren bis etwa viermal, so haben beide Stäbe einen bedeutend starken Magnetismus, meistens bis zur Sättigung, angenommen. Hätte man viele solche Stäbe zu streichen, so könnte man mehrere der bereits magnetisirten vermittelst eines zwischenliegenden Klötzchens vereinigen, zwei Enden durch einen Anker verbinden und mit den beiden andern, wie mit den Schenkeln eines Hufeisenmagnets, streichen. Es versteht sich ohne Weiteres, daſs man auch die zweite Methode des Streichens in Anwendung bringen könne, wobei dann nach Anlegung der Anker die beiden Streichmagnete in der Mitte aufgesetzt und gleichzeitig über die Enden hinausgeführt werden müssen, um an diesen die entgegengesetzten Magnetismen zu erzeugen. Hierbei ist das Anlegen der Anker nicht nothwendig, aber vortheilhaft und die Wirkung der bei der andern Methode gleich. Noch leichter ist das Verfahren, wenn man nach Anlegung der Anker die gleichnamigen Pole des Streichmagnets auf die Enden der beiden Stäbe dicht neben den Anker aufsetzt, nach den andern Enden hinführt und über den Anker hinaus abzieht, um dann die folgenden Striche auf gleiche Weise wieder anzufangen. Hoffer magnetisirt durch dieses, auſserdem sehr bequeme Verfahren die Stangen durch einen einzigen Strich so stark, daſs man an den freundschaftlichen Pol der einen vertical gehaltenen Stange die andere freischwebend hängen konnte, wobei letztere am andern Ende noch ein bedeutendes Gewicht trug. Daſs auch hierbei durch entgegengesetzte Richtung des Streichens der Magnetismus wieder aufgehoben werde, versteht sich von selbst.

Das Anlegen der Anker ist auf jeden Fall von groſsem Nutzen. Hat man diese aber nicht und sind nur zwei Stangen zu magnetisiren, so legt man diese mit den vorher bezeichneten freundschaftlichen Polen an einander, setzt den gleichnamigen am einen Ende auf, streicht bis an das andere, zieht in der nämlichen Richtung fortfahrend ab, kehrt den Magnet um, setzt den andern Pol auf dem letztern Ende auf und streicht in entgegengesetzter Richtung, wodurch alle vier Pole gleiche Stärke erhalten. Man kann auf diese Weise auch eine beliebige Menge Stangen an einander legen, die Wirkung wird aber stärker seyn, wenn man mehrere Stangen in Fig. 170.

Digitized by Google

zwei Reihen parallel neben einander legt, je zwei Enden mit einem Anker verbindet und mit beiden Enden des Streichmagnets streicht. Dieses Verſahren würde dann vortheilhaft seyn, wenn man mehrere gleiche, auf die angegebene Weise zu einem Magnete zu vereinigende Stäbe magnetisiren wollte. Uebrigens sind die beiden zuletzt beschriebenen Methoden des Streichens schon früher bekannt gewesen und namentlich ist die erstere, neuerdings als ein Geheimniſs behandelte, bereits durch Coulomb in Anwendung gebracht worden. Hoffer hat indeſs das Verdienst, die Anwendung des Doppelstrichs und die Vortheile desselben abermals gründlich untersucht zu haben; auch geht nebenbei aus seinen Beobachtungen hervor, wie leicht die magnetische Kraft im Stahle durch nicht eben bedeutende Veränderungen der Temperatur und durch Reibung der Oberfläche geschwächt wird. Zugleich enthalten dieselben eine Bestätigung dessen, was Barlow und Kater durch ihre Versuche gefunden zu haben behaupten, nämlich daſs die magnetische Materie für ihre Lagerung im Stahle eine gewisse Metalldicke bedürfe, die man für beide Seiten wohl zu 1,5 bis 2 Lin. anschlagen kann, denn Hoffer's stärkste Magnete hatten meistens eine Dicke von ungefahr 2 bis 2,5 Linien. Es folgt hieraus die Regel, daſs man die Declinations- und Compaſsnadeln nicht zu dünn machen dürfe.

Es lassen sich hier noch einige Bemerkungen anknüpfen, die in Beziehung auf die Magnetisirung des Stahls Berücksichtigung verdienen. Nobili[1] glaubt, die Fähigkeit des Stahls, den Magnetismus aufzunehmen, werde durch die Härtung bedingt, die aber in das Innere des Metalls nicht eindringe (?), weswegen die Oberfläche magnetisch werde. Auch die Kälte soll nach den zahlreichen Beobachtungen von Kupffer im Jahre 1831 die Kraft der Magnete vermindern und eine bleibende Schwächung erzeugen. Um daher Nadeln von bleibender Intensität zu erhalten, räth er, dieselben mehrmals abwechselnd in siedendes Wasser und in eine Kälte von — 20° bis — 25° C. zu bringen. Nach Pouillet[2] ist das Verhältniſs der Wärme bei den verschiedenen Metallen verschieden. Eisen verliert den Magnetismus bei der Kirschroth-Glühhitze, Kobalt

1 Bibl. univ. 1834. Mai. p. 82.
2 Élémens de Phys. T. II. Part. 1. p. 89. éd. 2me.

Digitized by Google

bis über die hellste, zum Weiſsen übergehende Rothglühhitze, Nickel bis zu 350° C., dem Schmelzpuncte des Zinks, Mangan ist nur magnetisch bei — 20° bis — 25° C. Die Magnetisirung durch den Blitz ist oft merkwürdig wegen der erzeugten Stärke, noch auffallender aber wegen der eigenthümlichen polaren Vertheilung. Unter andern wurde der offene Wagen, worin Boddington mit seiner Frau saſs, vom Blitze getroffen und die 14,5 Z. lange und $1\frac{1}{8}$ Z. breite Feder in der Schnürbrust der letztern so magnetisirt, daſs beide Enden südpolarisch, die Mitte indifferent, zu beiden Seiten hiervon noch ein Süd- und ein Nordpol vorhanden waren, letzterer von seinem freundschaftlichen Pole durch einen Indifferenzpunct getrennt. Die Pole wechselten also in nachstehender Ordnung: S, I, N, I, S, S. Alle übrige Theile von Stahl, welche beide an sich trugen, wurden im hohen Grade magnetisch[1].

Hier dürfte auch der Ort seyn, über die sogenannten *Anker*, womit man den an den Enden der magnetisirten Stahlstücke hervorgerufenen Magnetismus auf gewisse Weise zu binden pflegt, um ihn dadurch in gröſserer Stärke bleibend zu erhalten, das Nöthigste beizubringen. Die Anker bestehn am besten aus weichem Eisen; denn sie sollen keinen eigenen Magnetismus haben, sondern der im Stahle vorhandene soll in ihnen bei der Berührung sofort den entgegengesetzten in gleicher Stärke hervorrufen, und hierzu eignet sich bloſs das weiche Eisen. Hiernach darf der abgenommene Anker nicht selbst magnetisch seyn, weil sonst bei der Verbindung gleichnamiger Pole eine partielle Schwächung erfolgen würde. Es ist jedoch schwer, ganz reines und daher unmagnetisches Eisen zu erhalten, wozu sich am besten dasjenige eignet, was durch Zusammenschweiſsen alter Nägel gewonnen wird. Ist durch etwas eingemengten Stahl ein geringer Grad von eigenem Magnetismus im Anker vorhanden, so ist dieser ohne merklichen Einfluſs, indem er dem ungleich stärkern der Stahlmagnete augenblicklich weicht; bei einem höhern Grade aber thut man wohl, auch auf den Enden der Anker die Pole zu bezeichnen, um beim Anlegen derselben stets die freundschaftlichen zu vereinigen. Die Länge der Anker wird am zweckmäſsigsten so gewählt, daſs bei Hufeisenmagneten ihre End-

1 London and Edinb. Phil. Mag. T. I. p. 191.

flächen mit den äuſsern Flächen der Schenkel zusammenfallen, obgleich es keinen wesentlichen Nachtheil erzeugt, wenn die erstern etwas über die letztern hinausragen, die Dicke derselben kommt am besten der des zugehörigen Magnets gleich und ihre Breite wird zu derjenigen der Schenkel in ein angemessenes Verhältniſs gebracht, indem sie ungefähr die Hälfte oder zwei Drittheile davon beträgt; auch haben sie meistens in der Mitte ihrer Länge einen angemessenen Vorsprung mit einem Loche, um einen Haken zur Aufnahme der zu tragenden Lasten darin anzubringen. Die Fläche der Anker, welche sich an die der Magnete anlegt, muſs auf jeden Fall so beschaffen seyn, daſs beide sich vollständig und in der ganzen Breite der Schenkel berühren, weil ein geringer Abstand die magnetische Wirksamkeit schon sehr merklich schwächt. Die Flächen beider Schenkel des Magnets müssen daher in einer geraden Ebene liegen, um mit der des Ankers genau zusammenzufallen. Der Theorie nach, namentlich insofern der Magnetismus auf der Oberfläche des Stahls bis zu einiger Tiefe des Metalls seinen Sitz hat, sollte man es für vortheilhaft halten, wenn die Flächen der Schenkel und des Ankers beide ganz eben wären, um auf diese Weise einander völlig zu decken, die Erfahrung hat jedoch gezeigt, daſs man eine stärkere Kraft erhält, wenn bei ebener Fläche der Schenkel die berührende Fläche des Ankers die Cylinderform hat oder selbst nur eine stumpf zulaufende Kante bildet, beides dem Wesen nach gleich, mit dem Unterschiede, daſs im erstern Falle der Halbmesser des berührenden Cylinders gröſser ist, als im letztern. Welches von beiden am zweckmäſsigsten sey, ist schwer zu entscheiden, indeſs dürfte es gerathen seyn, den Halbmesser der berührenden Ankerfläche nicht kleiner als die halbe und nicht gröſser als die ganze Dicke des Magnets zu wählen. Ob es rathsam sey, diejenigen Anker, welche man beim Streichen der Magnete anlegt, ganz flach zu machen, darüber wage ich nicht zu entscheiden, weiſs jedoch aus eigner Erfahrung, daſs die in Hufeisenform zusammengebogenen eisernen Cylinder, die man vermittelst eines umgewundenen Rheophors zu unglaublich starken Magneten macht, weit weniger ziehn, wenn man den runden Endflächen ihrer Schenkel einen Anker anlegt, welcher diese völlig deckt, als wenn man selbst bei einem 2 Zoll im Durchmesser haltenden Cylinder einen Anker in Anwendung bringt, dessen Dicke

Digitized by Google

kaum einen Zoll beträgt und deſſen Berührungsfläche einen Cylinder von nicht völlig einem halben Zoll Halbmeſſer bildet. Die Anker, wodurch man je zwei neben einander gelegte Magnetſtäbe oder Bündel vereinter Magnetſtäbe an ihren freundſchaftlichen Polen in Verbindung bringt, ſind meiſtens rechtwinklig prismatiſche Stäbe von einer dem Abſtande der Magnete angemeſſenen Länge. Indeſs pflegt man auch vier Magnetſtäbe von gleicher Länge aller oder je zweier durch Vereinigung von je zwei freundſchaftlichen Polen in gegenſeitige Verbindung zu ſetzen.

XVI. Magnetiſche Werkzeuge.

Dieſe ſind: 1) Magnete, 2) Anwendung der polaren Direction des Magnetismus für Schiffahrt und Geodäſie, 3) Inſtrumente zur Unterſuchung des Magnetismus der Erdkugel und ſeiner Richtungskraft in horizontaler und verticaler Ebene, ihrer gröſsern und kleinern localen und periodiſchen Aenderungen der Kraft der telluriſch-magnetiſchen Anziehung in verſchiednen Gegenden, 4) Werkzeuge zur Schätzung der anziehenden Kraft magnetiſcher Inſtrumente ſelbſt, 5) Maſchinen, durch magnetiſche Kraft bewegt, und endlich 6) magnetiſche Spielereien.

1) Von den *Magneten* ſelbſt iſt unter I. und XV. das bisher Bekannte mitgetheilt worden. Hier nur die Bemerkung, daſs für die Darſtellung der magnetiſchen Anziehung in Hinſicht auf die Kraft derſelben die Hufeiſen bequemer ſind und mehr leiſten, als die magnetiſchen Stäbe, daſs aber zum Magnetiſiren nach Canton's (Duhamel's) oder Aepinus Methode zuſammengeſetzte Magnetſtäbe verlangt werden.

2) *Seecompaſſe, Azimuthalcompaſſe, Bouſſole zum Aufnehmen.* Hierüber verweiſen wir auf den frühern Artikel *Compaſs.* Zur Beſtätigung desjenigen, was daſelbſt über das *Alter* des Seecompaſſes geſagt wurde, fügen wir hier die dort erwähnten Verſe aus einem ſatyriſchen Gedichte, *Bible Guyot*, von Guyot de Provins an, das im J. 1203 herauskam. Der Verfaſſer ſpricht zuerſt vom Polarſterne, der Tramontana, durch welche die Seeleute ihre Richtung und ihren Weg zu halten im Stande ſeyen, dann von einer Nadel, die man mit einem dunkelfarbigen Steine beſtreiche und, auf Strohhalme gelegt,

auf dem Wasser schwimmen lasse. „Sie dreht ihre Spitze „immer nach jenem Sterne, und wenn auch das Meer finster „und weder Stern noch Mond zu sehn ist, so fürchten die „Seefahrer dennoch nicht zu verirren;“ die Stelle lautet wörtlich so:

De nostre père l'apostoile
Volsisse qu'il semblast l'estoile
Qui ne se muet. Bien la voyent
Li Marinies, qui si avoient:
Par celle estoile vont et viennent
Et lor sen et lor voie tienent.
Il l'appellent la tresmontaigne,
Icelle estaiche est moult certaine.
Toutes les autres se removent
Et rechangent lor lieus et tornent;
Mais cele estoile ne se muet.
Un art font qui mentir ne puet
Par la vertu de la manière.
Une pierre laide et brunière,
Où li fers volontiers se joinet,
Ont, si gardent le droit poinet,
Puis d'une aiguille iont touchie
Et en un festu l'ont couchie
En l'eve le mettant sans plus
Et li festus la tient desus,
Puis se tourne la poincte toute
Contre l'estoile si sans doute
Que janus hom n'en doutera
Ne ja pour rien ne faussera.
Quant la mer est obscure et brune
Quant ne voit estoile ne lune
Dont font à l'aiguille allumer
Puis n'ont ils garde d'esgarer.
Contre l'estoile va la poincte.
— — — — — — —
Moult est l'estoile et belle et clère.
Fier devroit estre nostre père.

Dem Flavio Gioja, von Pasitano bei Amalfi im Königreich Neapel gebürtig, bleibt die Ehre, die Nadel auf eine Spitze gesetzt und den Compaſs nach den Weltgegenden in acht Striche eingetheilt zu haben.

Die Construction der Seecompasse und der Azimuthalcompasse ist immer noch ein Gegenstand, an welchem die Erfindungskunst der Mechaniker, oft auch nur das Bestreben durch eine Aenderung sich auszuzeichnen, sich ohne Erfolg

Digitized by Google

abmüdet. Dahin gehören unter andern solche Compasse, bei Fig. 171.
welchen man sehr übler Weise von der reibungsfreien Aufhängung der Cômpaſsbüchse zwischen zwei Ringen abgegangen ist und diese Gefäſse selbst, gleich der Windrose, auf einer Spitze schweben läſst, wie dieses M. Culloch und Preston gethan haben[1]. Der Boden des Gefäſses B B B B ist un- Fig. 172.
terhalb in eine konische Spitze umgezogen, welche in der Höhlung des Gnomonstiftes A spielt. — Ganz nahe diesem Centrum tritt von oben her die Spitze der Nadel n s ein, so daſs die Windrose mit dem Boden und Glasdeckel des Gefäſses parallele Schwingungen macht. Die Nadel ist in der Mitte sehr breit und daselbst durchbrochen; ein aufgeschraubter messingner Bügel d d trägt ihre Drehspitze. Das Gefäſs ist bei f f mit einem bleiernen Ringe ausgefüllt, um die nöthige Unterlast zu gewinnen. Vom Fuſse des Gestells erheben sich zwei feste Bügel h g und h′ g′, die oberhalb eine Schlitze tragen, in welcher sich die vom Gefäſse ausgehenden Stifte g g′ beim Schwanken des Compasses auf und nieder bewegen können und so die horizontale Drehung des Gefäſses verhindern. Daſs hierbei bedeutende Seitenreibung eintreten muſs, fällt in die Augen.

Ein ähnlicher Vorwurf der Untauglichkeit trifft auch den unter dem Namen *Celestial Compaſs* im zweiten Bande dieses Wörterbuchs beschriebenen Compaſs von George Graydon[2]. Gerade die vielen Nebenzwecke, die er erfüllen soll, und namentlich die Idee, mit einem solchen Werkzeuge Sonnenhöhen angeben zu wollen, machen ihn für die Hauptsache, eine richtige Orientirung, weniger brauchbar. Man kann auf dem Schiffe, wenn der Wind gleichförmig und der Wellengang nicht zu stark ist und der am Steuer befindliche Matrose sein Geschäft versteht, wohl eine Azimuthalrichtung eine kleine Zeit über festhalten, wie man aber auch bei mäſsigem Schwanken des Schiffs eine Höhenmessung auch nur auf einen Grad genau bewerkstelligen könne, ist schwer einzusehn. Weit mehr läſst sich die oben beschriebene Vorrichtung empfehlen, mit dem auf der Gnomonspitze verschiebbaren aus-

1 Man sehe Barlow's Artikel: Magnetism in der Encyclop. Metropolitana. p. 764.

2 Philosoph. Mag. LXV. p. 358.

Digitized by Google

Fig. 173. gehöhlten Cylinder, welcher Theil zu gröſserer Deutlichkeit durch die Zeichnung in natürlicher Gröſse dargestellt ist.

Für geübte Beobachter möchte es noch rathsamer seyn, sich der ebendaselbst beschriebenen SCHMALKALDER's oder KATER's Boussole zu bedienen. Diese in dem gewöhnlichen Formate der Azimuthalcompasse ausgeführt, auf ein Stativ gestellt und mit der gehörigen Aufhängung versehn würde ohne Widerrede das zweckmäſsigste Instrument in dieser Art ausmachen. Der Umstand, daſs man bei dieser Boussole den entfernten Gegenstand und die Gradeintheilung zugleich im Auge hat, macht sie besonders für die Beobachtungen zur See geeignet, wo man das Ziel gleichsam im Fluge erhaschen muſs. Ein Instrument dieser Art ist GILBERT's *patent Azimuth compas.* Man denke sich die oben in Bd. II. Fig. 58. gegebene Construction einer Schmalkalder'schen Boussole zu einer Gröſse von 6 bis 8 Zollen ausgedehnt, in einem kupfernen Cylinder mit Stativ- und Ringaufhängung, und bringe für die Sonnenbeobachtung vor der Schlitze im Prisma einige kleine Dämpfgläser an, so hat man diesen allerdings vorzüglichen Compaſs, der jedoch von Seiten des Beobachters einige Fertigkeit im schnellen Ablesen der Grade auf der das Gesichtsfeld durchfliegenden Eintheilung erfordert. GILBERT hat noch auſserhalb des verticalen Visiers am Fuſse desselben einen kleinen horizontalliegenden Planspiegel angebracht, der, an einem Charnier beweglich, bei gröſsern Elevationen der Sonne ihr Bild nach dem Prisma ins Auge des Beobachters wirft, und die Einrichtung der Abstellung der Nadel auf die Spitze, so wie wir sie dort angegeben haben, die sich durch vieljährigen Gebrauch als sehr empfehlungswerth bewährt hat, würde dazu beitragen, diesem Instrumente vor allen Azimuthalcompassen den Vorzug zu ertheilen.

Schon oben[1] haben wir die Störungen erwähnt, welche auf den Schiffen die verschiedentlich vertheilten bedeutenden Eisenmassen auf den Compaſs ausüben. Ihre Berücksichtigung gehört nicht bloſs der Nautik an, sondern ist auch für die Physik in mehr als einer Beziehung wichtig. Nicht nur machen die zur See angestellten Beobachtungen über die magnetische Abweichung die Hauptmasse der Thatsachen für diesen

1 S. *Ablenkung der Magnetnadel.* Bd. I. S. 23.

wichtigen Gegenstand der Physik unseres Erdballs aus, sondern auf der richtigen Indication des Compasses ruhn auch ganz und gar unsere Angaben über Daseyn, Richtung und Geschwindigkeit der Meeresströmungen. Denn diese sind in der Regel nur durch die Vergleichung der astronomischen Ortsbestimmung auf dem Meere mit derjenigen gewonnen worden, welche durch die Schiffsrechnung, d. h. durch die Berechnung der täglichen Ortsveränderung aus der Geschwindigkeit des Schiffs und seiner durch den Compaſs angezeigten Richtung, erhalten wird. Demjenigen, was daselbst über das Geschichtliche dieses Gegenstands mitgetheilt wurde, ist hier noch beizufügen, daſs noch vor Flinders bereits im Jahre 1794 Downie, der Steuermann des engl. Kriegsschiffs *the Glory*, die Ursache dieser Anomalie der Compasse bestimmt bezeichnet hat, indem er sich in Walker's *Treatise on Magnetism* folgendermaſsen ausspricht: „Ich bin überzeugt, daſs die Masse und die Nähe „des Eisens auf den meisten Schiffen die Nadel anzieht; denn „die Erfahrung zeigt, daſs der Compaſs, auf verschiednen Pläz-„zen im Schiffe gestellt, nicht immer die nämliche Richtung „angiebt, und selten werden zwei Schiffe, welche nach ei-„nerlei Curs steuern, parallele Richtung halten, ungeachtet ihre „Compasse, wenn sie auf dem nämlichen Schiffe verglichen „werden, gar wohl übereinstimmen."

Nach Flinders brachte Bain in seiner trefflichen Schrift über die *Abweichung der Magnetnadel* die vergessene Sache wieder in Anregung und machte auf die bedenklichen Folgen dieser Fehlerquelle aufmerksam, worauf von Scoresby und später dann bei Polarexpeditionen durch die Seefahrer Ross und Buchan und ihre Begleiter Sabine und Fischer hierüber vollständigere Untersuchungen angestellt wurden. Schon früher fanden sich auf dem Schiffe verschiedene Eisenmassen, die auf die Boussole einwirken konnten, die eiserne Spindel des Cabestans, der mitten auf dem obern Verdecke stehend zum Aufwinden der Anker und anderer auf das Schiff zu bringender schwerer Massen dient, der eiserne Hebelarm des Steuers, die eisernen Kanonen und Gewehrlasten, das zur Anspannung der Wandtaue erforderliche Eisenwerk und mancherlei geringere zerstreute Eisenstücke. Heutzutage sind noch die groſse Zahl viereckiger eiserner Wasserkisten (statt der das Wasser verunreinigenden hölzernen Fässer) und die eiser-

Digitized by Google

nen Ankerketten hinzugekommen, und die Spindel des Cabestans ist, weil sie in zwei Verdecken befestigt wird, bedeutend länger geworden. In welcher Richtung und mit welcher Stärke diese Massen alle auf die Boussole je nach ihrer Stellung auf dem Schiffe einwirken, darüber möchten sich wohl schwerlich allgemeine Bestimmungen angeben lassen, und es wäre ein ganz überflüssiges Beginnen, auf theoretischem Wege dieses ausmitteln zu wollen.

Glücklicher Weise wird die Einwirkung mehrerer von ihnen durch Lage, Beschaffenheit und Entfernung vom gewöhnlichen Standpuncte des Compasses so sehr geschwächt, daſs ihre Berücksichtigung nicht so dringend ist. So sind die Kanonen meistens in ziemlicher Entfernung im Schiffsraume zerstreut und die auf dem Verdecke befindlichen kleinern Stücke sind häufig von Messing. Auch ist nach Barlow[1] die magnetische Leitungsfähigkeit des Guſseiſens nur halb so groſs, als die des Schmiedeeisens. Ferner liegen ihre Läufe sämmtlich in horizontaler Lage, so daſs die Trennung der Polaritäten nicht recht fühlbar werden kann. Aehnliches gilt von den Wasserkisten; sie sind ebenfalls nur von Guſseisen und bilden im Schiffsraume eine meist horizontale Schicht von mäſsiger Höhe. Auch die geschmiedeten Ankerketten sind horizontal im Schiffsraume in ziemlicher Entfernung vom Hinterverdeck des Schiffs ausgebreitet. Die Störung dieser Eisenmassen auf die Boussole ist also überhaupt sehr gering anzuschlagen. Einzig die Spindel der Ankerwinde ist als geschmiedetes Eisen, und weil sie vertical steht, vorzugsweise fähig, einen sehr hervortretenden terrestrischen Magnetismus aufzunehmen, und sie wirkt desto bestimmter auf die Nadel, da ihr oberes Ende mit dieser fast in gleicher Höhe über dem Boden sich befindet und sie gewöhnlich in der Mitte des Verdecks, also unfern von der Stelle der magnetischen Beobachtungen, angebracht ist. Im eisernen Helm oder Hebel des Steuers bildet sich dagegen der horizontalen Lage wegen kein ausgeschiedener Magnetismus.

Die Richtigkeit dieser Voraussetzungen bestätigt sich auch wirklich durch einige gelegentliche, von Barlow angestellte

1 Essai on magnetic attractions. 2. Ed. u. Encyclop. Metrop. a. a. O.

Versuche[1]. Im April 1820 wurde auf dem Schiffe Leven in 19 verschiednen Richtungen zwischen Ost und West der Fehler des Compasses durch Vergleichung mit Beobachtungen auf dem Lande bestimmt; die Ablenkung stieg im Maximum, wenn das Schiff in N. 70° O. lag, auf 3¼ Grad nach Osten und die Summe der Fehler betrug 35° 55′, ehe die Kanonen am Bord waren, nachher aber 28° 43′; der Unterschied von 7° 12′ durch 19 getheilt giebt auf jede Beobachtung eine Aenderung des Fehlers der Boussole von 23 Minuten durch die Gegenwart der Kanonen. Wie viel ihrer waren und von welchem Kaliber, ist nicht angegeben.

Bei einer spätern Gelegenheit im Januar 1822 wurde auf ebendiesem Schiffe die nämliche Prüfung wieder vorgenommen. Der Fehler des Compasses auf dem Hinterverdeck, der früher nur 3° 15′ betragen hatte, stieg nun im Maximum bis auf 7° 47′. Diese merkliche Vergröſserung der Ablenkung war Folge des Umstandes, daſs man einen neuen sogenannten Patent-Cabestan angebracht hatte, dessen Spindel 11 Fuſs lang war und eine mittlere Dicke von wenigstens 5 Z. hatte. Eine ähnliche starke Ablenkung zeigte sich auf dem Schiffe Barracouta. Sie ging bis auf 16° 20′. Auch dieses war mit einem solchen Cabestan versehn, dessen Spindel durch beide Verdecke ging und wegen der gröſsern Bewegung auf dem kleinern Schiffe durch ihre Nähe eine desto stärkere Wirkung ausübte.

Wir können also nicht nur aus allgemeinen Gründen, sondern auch der Erfahrung zufolge annehmen, daſs wir hauptsächlich mit der Anziehung dieser verticalen Eisenstange zu thun haben, wodurch die Betrachtung dieser sonst verwickelten Erscheinung merklich vereinfacht wird. Ihr oberes Ende hat auf der nördlichen Hälfte der Erde stets eine merkliche Südpolarität. Von dieser wird das Nordende der nahen Compaſsnadel immerfort angezogen, und es kommt nur auf die gegenseitige Lage dieser beiden Stücke an und auf die Richtung der sie verbindenden Linie in Beziehung auf die Weltgegenden, um die Ablenkung der Magnetnadel zu bestimmen. Das erstere ist als eine constante, das letztere als eine veränderliche Richtung anzusehn, die von den Drehungen des Schiffs abhängt. Wir wollen der Einfachheit wegen nur vier

1 S. die Encyclop. Metrop. Art. Magnetism. p. 800.

Lagen annehmen, welche die Boussole gegen die Axe des Cabestans haben kann. Sie kann nämlich (wenn das Schiff nach Norden gerichtet ist) im Norden, Süden, Osten oder Westen von jener stehn. Je nach der Drehung des Schiffs wird dann die Nadel eine mehr oder weniger starke Ablenkung von der Fig. 174. Nordrichtung erleiden. Die Zeichnung stellt die Richtungen der Nadel unter den vier verschiednen Stellungen des Compasses auf dem Verdecke dar, wenn das Schiff successiv nach Nord, Ost, Süd oder West gerichtet wird. Die Buchstaben N, E, S, W bezeichnen jedesmal die Weltgegend, nach welcher hin das Schiff gerichtet ist, und dabei die Richtung der Nadel, wobei auf dem Papier, wie gewöhnlich, Nord oben, Süd unten, Ost zur Rechten und West zur Linken genommen wird. In der Mitte der Figur steht der Cabestan; die Pfeilspitze bezeichnet das Nordende der Nadel, da, wo die Richtung nur durch eine punctirte Linie dargestellt ist, bleibt es ungewiſs, ob die Pfeilspitze gegen die Eisenstange oder von ihr abgekehrt sey; es hängt dieses davon ab, ob die Nadel mehr vom terrestrischen Magnetismus oder von der Polarität der Stange afficirt werde.

Gesetzt der Compaſs stehe genau im Süden der Eisenstange, so wird er, wenn das Schiff nach Norden gerichtet ist, keine Störung erleiden, ebenso wird er auch bei südlicher Richtung desselben im Meridiane sich erhalten, wobei es jedoch auf seine Entfernung von der Stange ankommt, ob er südlich oder nördlich weisen wird. Die stärkste Ablenkung erleidet er, wenn das Schiff in Ost oder West liegt, weil dann die Wirkung rechtwinklig auf den Meridian statt findet. Steht der Compaſs ostwärts von der Stange, so ist seine Ablenkung am gröſsten, wenn das Schiff in Nord und Süd liegt, bei östlicher und westlicher Richtung desselben wird er im Meridiane verbleiben. Ein ähnlicher Gang der Erscheinungen findet statt, wenn er westlich von der Eisenmasse aufgestellt ist; bei südlicher und nördlicher Richtung findet das Maximum der Ablenkung statt. Steht er hingegen im Norden des Cabestans, so tritt dieses nur bei östlicher und westlicher Richtung des Schiffes ein. Man sieht, daſs die Richtung des Schiffes, in welcher die Ablenkung am gröſsten ist, zu beiden Seiten nahe einen rechten Winkel mit der Linie bildet, welche das Centrum der magnetischen Anziehung, sey

Digitized by Google

es nun jene Axe des Cabestans allein oder ein Zusammenwirken mehrerer zerstreuten Eisenmassen, mit der Mitte des Compasses verbindet. Gesetzt man habe, wenn das Schiff den einen und den andern Weg in der Richtung MN machte, die Fig. 175. gröſsten Fehler des Compasses erhalten, so bezeichnet DV die Linie, auf welcher irgendwo das Centrum der störenden Anziehung sich befindet; sie nimmt zwischen den Eisenmassen A und B eine Lage an, wo ihre auf die Nadel wirkenden Kräfte im Gleichgewicht sind, was von ihrem Abstande von der Boussole, ihrer Gröſse, aufrechten Stellung und metallischen Beschaffenheit abhängt; das erste dieser Bestimmungsstücke ist hierbei das wichtigste, da die Wirkung den Quadraten der Entfernung umgekehrt proportional ist. Es ist nun auch offenbar, daſs, wenn man irgendwo auf der Verlängerung von DC auf der andern Seite des Compasses C eine Eisenmasse anbrächte, diese die Nadel bei jeder Stellung des Schiffes nach einer entgegengesetzten Seite ablenken würde. Benutzt man hierzu den Vortheil, welchen die eben erwähnte Anziehung nach den Quadraten der Entfernung darbietet, so kann man auch mit einer sehr kleinen Eisenmasse a die nämlichen Wirkungen hervorbringen, wenn sie dem Compasse C desto näher gebracht wird. Hierauf beruht die Möglichkeit einer *Compensation der magnetischen Ablenkung.* In der Regel möchte eine verticale Eisenstange, die gleichsam das Diminutivum von der Spindel des Cabestans wäre, diesem Zwekke vollkommen entsprechen; eine Absicht, welche sich durch die oben[1] vorgeschlagene Einrichtung genügend erreichen lieſse. Barlow, der zuerst solche Compensationen einführte, suchte sie durch eine am Gestelle des Compasses angebrachte vertical stehende Eisenscheibe zu bewerkstelligen. Sie hatte 12 bis 14 Zoll Durchmesser und etwa 1,7 par. Lin. (0,15 Zoll engl.) Dicke; sie war nämlich von solchem Eisenblech verfertigt, von welchem der engl. Quadratfuſs etwa 6 ℔. wiegt. Um etwaige Ungleichheiten in der Reinheit oder magnetischen Empfänglichkeit der Eisenfläche zu vermeiden oder auszugleichen, zog man es eine Zeit lang vor, zwei halb so dünne Platten zusammenzunieten, so daſs eine Luftschicht zwischen denselben blieb. Diese Vorsicht erwies sich zwar in der Folge als un-

1 S. Bd. I. S. 38. die Note.

Digitized by Google

nöthig, doch machte man dabei die zufällige Bemerkung, daſs die zwei Platten stärker wirkten, wenn sie etwas getrennt waren, als wenn sie dicht auf einander lagen. Diese Platte wird am Stativ des Azimuthcompasses so befestigt, wie die
Fig. 176. Zeichnung es darstellt, und zwar wurde sie auf derjenigen Seite angebracht, daſs sie den Fehler der Ablenkung auf das Doppelte brachte. Man muſste daher erst eine Beobachtung *ohne* die Platte, dann eine *mit* derselben machen, dann die Ergebnisse von einander abziehn und den Unterschied bei der ersten Beobachtung additiv oder subtractiv anbringen, um die richtige Angabe zu erhalten. Nach der oben gegebenen Erläuterung des ganzen Vorganges der Sache scheint es richtiger, wie auch Barlow später gethan hat, die corrigirende Eisenmasse so anzubringen, daſs sie sogleich die Wirkung des Schiffseisens neutralisirt, so daſs man die reine Angabe unmittelbar durch die Beobachtung erhält, wodurch man des leicht möglichen Versehns in Anbringung der Correction direct enthoben ist. Ob übrigens eine Eisenscheibe einer verticalen Stange vorzuziehn sey, müssen wir aus mehr als einem Grunde bezweifeln; denn erstlich bildet die 12 Zoll breite Platte nicht einen einzigen Anziehungspunct, wie dieses bei dem Centrum der störenden Eisenmassen wegen ihrer gröſsern Entfernung von der Boussole anzunehmen ist, sondern ihre Kraft ist auf eine merkliche Ausdehnung vertheilt, welche bei der Länge der Compaſsnadel und der groſsen Nähe der Platte in ungleichem Maſse auf jene einwirken kann; zweitens ist es nicht wahrscheinlich, daſs die Platte in allen Azimuthen gleich stark mit terrestrischem Magnetismus geladen sey, sie wird daher, im Meridiane liegend, wirksamer seyn, als senkrecht auf denselben; drittens müſste eine Eisenstange von 3 bis 4 Fuſs Höhe stärker wirken, als die verticale Scheibe von 1 F. Höhe, man hätte daher den Vortheil, die Eisenstange von geringerer Metallstärke zu machen, oder (was vorzüglicher wäre) sie in gröſserer Entfernung von der Boussole anzubringen, wodurch die Besorgnisse einer ungleichen Anziehung wegen der Länge der Nadel verschwinden würden. Ein starker Flin-
Fig. 177. tenlauf LL, auf einem tüchtigen Klotze befestigt oder in das Verdeck des Schiffes eingeschraubt, würde auf einem Seitenarme MN die um einen Zapfen drehbare Boussole B tragen. Die Erhöhung des Armes an der Stange und die Verschiebung

Digitized by Google

der Boussole auf demselben würden hinreichenden Spielraum für die Modificirung der corrigirenden Wirkung darbieten und man hätte alle Bequemlichkeit, durch Drehung des Hebelarms MN die Boussole mit dem magnetischen Centrum der Anziehung des Schiffseisens und der gegenwirkenden Eisenstange in eine gerade Linie zu bringen. Noch bleibt uns übrig anzugeben, wie man die Ablenkung selbst und besonders das Maximum derselben zugleich mit der entsprechenden Richtung des Schiffes entdecken kann. Hierzu bedarf es nur einer Anordnung, um das Schiff nach allen Richtungen des Horizontes umdrehn und wo möglich in jeder Lage eine Zeit lang fest halten zu können. Dieſs geschieht am besten, wenn das Schiff von einem Anker gehalten entweder durch Taue, die am Ufer befestigt sind, oder durch ausgebrachte Werfanker in jede beliebige Richtung gezogen werden kann.

Diese letztere muſs man jedoch nicht nach dem Compaſs, dessen Angaben ja eben verdächtig sind, sondern nach Winkeln, die mit einem Meſsinstrumente, z. B. dem Sextanten, gemessen werden, angeben. Alsdann bestimme man bei allen Lagen des Schiffes das Azimuth eines entfernten Gegenstandes nach dem Compaſs. Das Mittel aus den am meisten divergirenden Angaben ist ziemlich nahe das richtige magnetische Azimuth. Genauer jedoch erfährt man den Fehler des Compasses, wenn man am nahen Ufer mit demselben Instrumente das magnetische Azimuth eines sehr entfernten Gegenstandes untersucht und dann die nämliche Beobachtung auf dem Schiffe unter den verschiedenen Drehungen desselben wiederholt. Statt des entfernten Gegenstandes kann man die Sonne selbst nehmen, deren Azimuth man mit zwei übereinstimmenden Compassen in den gleichen Momenten am Ufer und auf dem Schiffe bestimmt. Sollte das Schiff nicht nahe genug am Ufer und kein recht entfernter Gegenstand im Horizonte zu haben seyn, so suche Fig. 178.
man auf folgende Weise das am Ufer in A gemessene Azimuth α des Objects D auf die Station des Schiffes in S überzutragen. Man messe bei jeder magnetischen Beobachtung auf dem *Schiffe* aus A und S mit Sextanten gleichzeitig die Winkel m und n, so ist das gesuchte Azimuth x vom Schiffe aus gesehn $= 180° - (m + n + \alpha)$; denn da der Winkel $= m + n$ und wegen der parallelen Meridiane $q = \alpha$ ist, so ist $x = 180° - (p + q)$. Ist $m + n + \alpha$ gröſser als 180°, so

ist das Azimuth von D auf dem Schiffe gleichnamig wie am Ufer; ist aber m + n + α kleiner als 180°, so fällt es dort auf die entgegengesetzte Seite des Meridians. Eine sehr einfache Methode besteht auch noch darin, daſs die Beobachter am Lande und auf dem Schiffe mit übereinstimmenden Compassen sich gegenseitig in jeder Lage des Schiffes beobachten, da dann, wenn kein Fehler wäre, ihre Angaben genau um 180° von einander abgehn müſsten. Sind einmal die Maxima der Fehler und hierdurch die Linie, welche auf dem Verdecke vom Compaſs nach dem unsichtbaren Centrum der störenden Anziehung geht, ausgemittelt, so hält es nicht schwer, durch irgend eine der vorhin angezeigten Compensationen die Angaben des Instruments fehlerfrei zu machen. Die Wichtigkeit einer Verbesserung der Weisungen der Schiffscompasse ist für die Sicherheit und Schnelligkeit der Schifffahrt von groſser Bedeutung und die Seltenheit ihrer Benutzung liefert einen unerfreulichen Beleg von der Rohheit und Unwissenschaftlichkeit eines groſsen Theiles der Seefahrer, unter denen zuweilen selbst Leute von hohem Range sich befinden, welche die Mängel ihres Wissens durch ein vornehmes Bespötteln solcher Spielereien bemänteln zu können glauben. Sie ist, wie schon oben bemerkt worden, auch nicht minder wichtig für die Physik und Geographie, indem von der Richtigkeit solcher Beobachtungen unsere Kenntnisse über den Magnetismus des Erdballs gröſstentheils abhängig sind; durch sie erhalten wir einzig sichere Angaben über das Vorhandenseyn, die Stärke und Richtung der Strömungen im Ocean und auf ihnen beruht nicht minder auch die Genauigkeit der Küstenaufnahmen, welche ohne den Compaſs oft kaum zu Stande gebracht werden könnten.

3) *Instrumente zur Untersuchung des Magnetismus der Erde.*

a) *Bestimmung der magnetischen Abweichung. Declinatorium.*

In Beziehung auf diese Werkzeuge ist im Artikel *Abweichung*[1] das Nöthige beigebracht und Gambey's vorzügliches Declinatorium nebst einem weniger kostbaren In-
Fig. 179. strumente dieser Art beschrieben worden. Wir bemerken hier nur, daſs es besser ist, statt eines einzigen Magnetstabes A,

1 S. *Abweichung*. Bd. I. S. 133.

Digitized by Google

wie dort angegeben wird, noch einen zweiten B beizufügen, wodurch nicht nur die magnetische Richtungskraft verstärkt, sondern auch die Umwendung dieses magnetischen Fernrohres erleichtert wird. Wenn auch dadurch die Nothwendigkeit entsteht, stärkere oder vermehrte Fäden der Aufhängung anzuwenden, so kommt nach den neuern Versuchen von Gauss die dadurch erschwerte Drehbarkeit der Fäden gegen die gröſsere magnetische Kraft schwerer Nadeln keineswegs in Betracht und der Widerstand, den ein zusammengesetzter oder stärkerer und stark angespannter Faden der Drehung entgegensetzt, läſst sich theils berechnen, theils dadurch beseitigen, daſs man dem Faden eine desto gröſsere Länge giebt und seinen Anfang nicht an einen festen Punct, sondern an einen Bügel befestigt, der auf einer harten, in eine flache stählerne Schale gestellten Spitze drehbar ist. Die Spitze hat es dann mit der gröbern Orientirung, der Faden nur mit der feinern zu thun. Inzwischen erfordert die Bestimmung der absoluten Abweichung, die man sich begnügt in Minuten anzugeben, keine so feine Stellung, sonst müſste man auch bei jeder Angabe die Stunde des Tages, an der sie gefunden wurde, anführen. Fig. 180.

b) Wie das astronomische Azimuth eines entfernten Gegenstandes zur See bestimmt werde, davon ist oben Bd. I. S. 132. die Rede gewesen. Dort ist nämlich die Sonne selbst der entfernte Gegenstand, auf sie visirt man mit dem Compasse, wenn sie dem Horizonte nahe ist, in welchem Falle denn auch die Rechnung durch Hülfstafeln sich merklich abkürzen läſst. Zu Lande kann man genauer verfahren; man visirt nach einem irdischen Objecte und bestimmt dann durch Messung seines Winkelabstandes von der Sonne, aus dem berechneten Azimuth der letztern, dasjenige des erstern. Eine noch genauere Orientirung erhält man durch die (immer mehr sich verbreitende) Anwendung eines tragbaren Passageninstruments, und hierauf hat Bessel[1] einen Vorschlag zur genauen Bestimmung der magnetischen Abweichung gegründet, der wesentlich in Folgendem besteht. In die Lager des ausgehobenen Passageninstrumentes wird eine runde messingene Kapsel gelegt, welche an zwei gegenüberstehenden Puncten zwei cy-

1 Schumacher's astronom. Nachrichten. Th. VI. S. 244.

Digitized by Google

lindrische, denen jenes Instruments gleiche, Zapfen hat. Durch Umdrehung der Nadel in der sie tragenden Hülse erfährt man vorerst die magnetische Collimation der Nadel selbst. Allein man muſs auch diejenige des Theilungskreises in dieser Boussole kennen, um zu wissen, welcher seiner Diameter der Axe des Transitinstrumentes parallel ist. An dieser ist zu dem Ende Boden und Deckel von Glas, und die Theilung befindet sich auf der innern Fläche eines cylindrischen Ringes, damit die Boussole in verticaler Richtung umgewendet und in beiden Lagen das Einspielen der Nadel auf einen Punct der Eintheilung beobachtet werden könne. Da man hierbei sowohl Magnetnadel als Dose umzuwenden, überdem noch die Zapfen umzulegen hat, so erhält man acht Beobachtungen, deren Mittel auch bei einer mäſsigen Gröſse des eingetheilten Kreises auch ohne Nonien oder Mikroskope, bloſs mit Loupen ein ziemlich genaues Resultat liefern wird. Freilich darf bei diesem Gebrauche das Stativ des Passageninstrumentes kein Eisen oder Stahl enthalten. Sollte dieses nicht zulässig seyn, so könnte man ein besonderes messingenes Stativ mitführen, welches vor der Beobachtung durch Einlegung und Richten des Fernrohrs nach dem bereits ausfindig gemachten Nord- oder Südpuncte regulirt und an die Stelle des eigentlichen Lagers gesetzt würde. Die Eintheilung der Boussole könnte man auch von Glas machen oder derselben, wenn man statt eines einfachen Gestelles einen Theodolithen hätte, ganz entbehren.

Die groſse Zahl der in neuern Zeiten von Oberst Beaufoy[1] in London regelmäſsig fortgesetzten Abweichungsbeobachtungen verdient es, daſs hier auch das von ihm gebrauchte Instrument näher beschrieben werde, um so mehr, da es mit demjenigen der Königl. Societät zu London, deren Denkschriften ebenfalls viele Beiträge hierzu geliefert haben, in der Construction sehr nahe übereinstimmt. Auf einem Brete von Ma-
Fig. 181. hagoniholz A A, das mit drei Stellschrauben v, v, v horizontal gestellt werden kann, befindet sich eine Messingtafel D D, welche bei F F eine Eintheilung trägt und vermittelst der Schraube I um ein hier nicht sichtbares Centrum bewegt werden kann. Auf dieser liegt ebenfalls um ein Centrum be-

1 Annals of Philosophy. August 1813.

Digitized by Google

weglich das messingne Kästchen oder die Boussole B mit Vernier und Mikrometerschraube bei G. Inwendig die Magnetnadel selbst mit ihrem Achathütchen C auf einer feinen Spitze drehend, mit der gewöhnlichen Abstellung. Sie ist 10 Zoll lang, einen halben Zehntelszoll dick, ganz cylindrisch und an den Enden fein zugespitzt. Durch das auf beiden Enden des Kästchens einzusteckende Mikroskop M überzeugt man sich vom Zusammentreffen der Spitze mit einem die Axe des Kästchens bezeichnenden Theilstriche. Das Ganze ist durch ein Planglas gedeckt. Insoweit ist dieses Instrument mit demjenigen der Königlichen Societät übereinstimmend. Eine nützliche Zugabe, zumal für reisende Beobachter, ist das auf den Säulen HH ruhende Passageninstrument LL, das mit einem kleinen Höhenkreise N zur Aufsuchung der Sterne versehn ist und in den Lagern KK nivellirt und umgelegt werden kann. Beim Gebrauch wird der Vernier auf Null gestellt, dem Fernrohre noch ein zweites Objectiv zur Verkürzung der Brennweite vorgesteckt und mit demselben auf die Spitzen der Nadel visirt, sodann durch Umlegen des Fernrohrs und Verschiebung der Lager bei K die Uebereinstimmung der magnetischen Axe der Nadel mit der optischen des Fernrohrs bewerkstelligt. Durch die gewohnten Methoden trachtet man nachher das Passageninstrument in den Meridian zu bringen und, wo es angeht, diese Richtung durch ein entferntes Zeichen (*mire*) zu versichern. Der auf halbe Minuten getheilte Vernier bei G giebt dann auf dem Gradbogen FF den Winkel der Abweichung zu erkennen.

b) *Instrumente zur Untersuchung der stündlichen Veränderung der Abweichung.* Diese sind es namentlich, bei denen die Aufhängung der Nadel an einem feinen Faden zur unerläſslichen Bedingung wird, indem die erforderliche Empfindlichkeit der Stellung wohl auf keinem andern Wege erhalten werden kann. Den früher (Bd. I. S. 148 und 150) für diesen Zweck angegebenen Werkzeugen sind seither durch die Vorschläge von Poggendorff, Riese und Gauss sehr verbesserte Einrichtungen zur Seite getreten. Sie haben den Vorzug groſser Genauigkeit in den Angaben und machen die Nadel von den Störungen, die das dem Beobachter beiliegende Eisen etwa auf sie ausüben könnte, unabhängig. Poggendorff's Instrument, das er im Jahr 1826 bekannt

Fig. 182. machte[1], ist folgendes. Ein cylindrischer Magnetstab trägt in der Mitte einen messingnen Bügel, an welchem oben der Faden befestigt wird. Der Stab ist in dem Bügel drehbar und mit einem Glasspiegel versehn, dessen Länge mit seiner Axe parallel läuft und der zur Hälfte auf der einen, zur Hälfte auf der andern Seite foliirt ist. Dieser einfache Apparat wird mit einem schützenden Gehäuse in beliebiger Entfernung vom Beobachter auf einem steinernen oder hölzernen Postamente aufgestellt, dieser bemerkt dann durch ein Fernrohr, das im Brennpuncte einen Verticalfaden trägt, den Gegenstand, der im Spiegel sich reflectirt. Um nun die Richtung der Ebene des Spiegels zu erfahren, braucht man nur mit einem feststehenden Winkelmesser, am besten mit einem Theodolithen, den Winkel zwischen dem Object und seinem Bilde zu messen. Die Hälfte dieses Winkels giebt an, um wie viel die Richtung des Spiegels von der Gesichtslinie nach dem Gegenstande abweicht, mithin auch, wenn das astronomische Azimuth des letztern bestimmt ist, die Abweichung des Spiegels vom wahren Nord- oder Südpuncte. Dieses findet jedoch nur dann statt, wenn das Object in Beziehung auf die Distanz zwischen dem Meſsinstrumente und Spiegel sehr weit entfernt ist. Liegt es aber so nahe, daſs die von ihm nach diesen beiden Puncten ausgehenden Strahlen sich nicht als parallel betrachten lassen, so muſs man sich nach Poggendorff der Formel

$$\text{Sin.}\,(T-2\delta)=\frac{a\,\text{Sin.}\,T}{a+c}$$

Fig. 183. bedienen, in welcher δ die gesuchte Richtung der Nadel in Beziehung auf den entfernten Gegenstand O, T den gemessenen Winkel zwischen diesem und dem Spiegel C, $OT = c$ den Abstand des Theodolithen vom Object bezeichnet; a ist die rückwärtsgehende Verlängerung dieser Linie bis dahin, wo sie in P die Ebene des Spiegels durchschneidet. Da die Ausmittelung von a mit einiger Schwierigkeit verbunden seyn möchte, so läſst sich der Zweck leichter dadurch erreichen, daſs man auch den Abstand des Spiegels vom Object $= b$ in die Rechnung aufnimmt, der, wenn man c bestimmen muſs, leicht auch noch ein für allemal gegeben werden kann. Man hat alsdann $\text{Sin.}\,m = \text{Sin.}\,2\delta = \frac{c\,\text{Sin.}\,T}{b}$.

1 Poggendorff's Ann. N. F. VII. 122.

Digitized by Google

Dreht ſich die Magnetnadel, ſo werden die nach T reflectirten Strahlen des Objects nicht mehr auf die Mitte des Spiegels in C, ſondern auf eine andere Stelle ſüdlich oder nördlich von derſelben fallen, wodurch b eine Verlängerung oder Verkürzung erleidet, die, wenn der Gegenſtand in Beziehung auf den Abſtand des Theodolithen vom Spiegel nur einigermaſsen groſs iſt, gar nicht in Betracht kommt, da ſie kaum ein Paar Linien erreichen wird. Will man nur die Aenderungen des Winkels δ oder eigentlich ihr Verhältniſs zu den Aenderungen von T haben, ſo wird die Formel

$$d\delta = dT\,\frac{c}{2b}\cdot\frac{\text{Cos.}\,T}{\text{Sin.}\,2\delta}$$

ſie in ebenſolchen Theilen (Minuten oder Secunden) angeben, wie dT gegeben iſt. Es iſt für das Optiſche der Meſſung vortheilhaft, ein Object von ſolcher Lage zu wählen, daſs die von ihm ausgehenden Strahlen nahe ſenkrecht auf den Spiegel fallen, mithin der Winkel T ziemlich ſtumpf wird. Seine Entfernung vom Spiegel und vom Theodolithen muſs durch irgend eine Vermeſſungsart ausgemittelt werden. Mehr Schwierigkeiten wird die Beſtimmung des aſtronomiſchen Azimuths des Objectes O vom Standpuncte C aus veranlaſſen, da dieſes bekanntlich zu denjenigen Operationen der praktiſchen Aſtronomie gehört, bei welchen wegen Verbindung terreſtriſcher Objecte mit cöleſtiſchen und der Schwierigkeiten einer ſcharfen Zeitangabe unſere Inſtrumente ihre bekannte Genauigkeit einigermaſsen verweigern. Zur Beſtimmung der abſoluten magnetiſchen Abweichung iſt es noch nöthig, ſich zu überzeugen, daſs die magnetiſche Axe des Stahlſtabes mit der Ebene des Spiegels parallel ſey. Dieſes kann man am beſten dadurch erfahren, daſs man den Stab in dem Bügel ſo umdreht, daſs der obere Theil unten zu liegen kommt, und dann die Meſſung des Winkels T wiederholt. Das Mittel aus beiden Beobachtungen, die wo möglich in der nämlichen halben Stunde angeſtellt werden ſollten, giebt den wahren Werth von δ oder das wahre magnetiſche Azimuth des entfernten Objects. Hierzu dient eben die von dem geſchickten Mechaniker Pistor angegebene zweifache Belegung des Spiegels, wobei auch eine etwas prismatiſche Geſtalt des Glasſtückes unſchädlich iſt, indem die Collimation der beiden Glasflächen ſich mit derjenigen des Magnetſtabes vermiſcht. Will man

nur die Veränderungen der magnetischen Abweichungen beobachten, so fällt begreiflich diese Untersuchung, so wie auch die Bestimmung des astronomischen Azimuths weg. Das auf einem freien Postamente stehende Gehäuse des Apparats sollte von Kupfer oder Zinkblech verfertigt oder, wenn es von Holz ist, gegen die Wirkung von Sonne und Regen durch eine dünne Bekleidung aus einem dieser Metalle geschützt werden. An der Stelle, wo die Strahlen vom Objecte ein- und ausgehn, muſs es eine Oeffnung haben, die durch ein paralleles Spiegelglas oder ein Stück reines Marienglas verschlossen wird. Nicht unzweckmäſsig dürfte es auch seyn, dem Gehäuse entweder eine pyramidalische Form zu geben, oder schicklicher noch ein cylindrisches Rohr auf dasselbe zu setzen, um die erschütternden Wirkungen des Windes auf die nicht ganz kurze Röhre, welche den Seidenfaden enthält, abzuhalten. Noch bemerkt Poggendorff, daſs man auch den Theodolithen entbehren könne, wenn man statt des entfernten Objectes einen Gegenstand wählt, der sich (im Osten oder Westen der Magnetnadel) zwischen dem Spiegel und dem Beobachter selbst befindet, wie z. B. die äuſsere Kante der Fensterbank eines im Erdgeschoſs gelegenen Zimmers, und diese mit einer horizontal liegenden Scale versieht, deren Bild im Spiegel dem Beobachter die den Aenderungen der Nadel entsprechende Stelle vor den Faden seines Fernrohrs führt. Die Vortheile dieser Einrichtung sind zu auffallend, um nicht sogleich erkannt und von jedem Physiker, dem die erforderliche örtliche Gelegenheit sich darbietet, benutzt zu werden. Man braucht hier keine Mikroskope, keinen eingetheilten Kreis; ein mäſsig vergröſserndes Fernrohr und eine selbst zu verfertigende Tangentenscale verhilft uns zu den allergenauesten Beobachtungen. Nimmt man die Entfernung der Nadel vom Beobachter auf zehn Fuſs und darüber an, so wird der Werth einer Minute 1 bis 2 Linien groſs werden, die man also leicht
Fig. 184. noch theilen kann. Ist nämlich AB die Fensterbank, in O das Fernrohr und die Nadel im M, so wird, wenn die letztere von a nach b sich dreht, der Punct B der Scale von M nach O reflectirt werden. Nimmt man MO nur = 2 Fuſs an, so ist für eine Drehung des Spiegels von 1 Min. die Gröſse OB = Tang. 2 Min. = $0{,}00058 \times 288$ Lin. = 0,167 Lin. Hat das Fernrohr auch nur zehnmalige Vergröſserung, so wird

1 Min. = 1,67. Hiervon $\frac{1}{6}$ oder 10 Sec. macht 0,28 Lin., so daſs man bei gehörigen Subdivisionen nahe 1 Sec. sehn kann. Rechnet man zu jeder Seite $2\frac{1}{2}$ Grad Aenderung, so wird O B = Tang. 5° = 0,0875 × 288 = 25,2 Lin., mithin A B nur 4,2 Zoll.

Wir haben hier den Fall betrachtet, wo der Beobachter sich im Osten oder Westen der Nadel befand. Der berühmte Geometer Gauss[1], dessen Untersuchungen über den terrestrischen Magnetismus eine neue Epoche in dieser Lehre begründen, fand es gelegener, sich im magnetischen Meridiane selbst zu placiren und den Spiegel an das Ende des Magnetstabes senkrecht auf seine Axe zu setzen. Man entgeht hierbei der Mühe, den Spiegel auf ungleichen Seiten foliiren zu lassen. Dagegen würde, wenn die Distanz vom Beobachter nicht bedeutend wäre, die Ableitung des Drehungswinkels aus der Tangentenscale eine kleine Correction erfordern, weil die reflectirende Stelle des Spiegels bei seiner Verrückung der Scale näher träte.

Im Jahr 1827 trat Dr. Riese mit dem nämlichen Vorschlage auf, den Poggendorff ein Jahr früher gemacht hatte[2]. Er betrachtet die Aufgabe in ihrer ganzen Ausdehnung und giebt die trigonometrischen Formeln für die Differenz der Azimuthe des Spiegels und des Objects, auch für den Fall, wo das letztere merklich über den Horizont erhaben ist, z. B. bei Sonnenbeobachtungen. Hier kommt denn auch der Abstand des Theodolithen vom Spiegel nicht in Betracht und man hat, wenn Z die Zenithdistanz des Objects bezeichnet,

$\text{Sin.}\,\frac{1}{2}\,\delta = \frac{\text{Sin.}\,\frac{1}{2}\,T}{\text{Sin.}\,Z}$ oder, wenn δ nahe 180° wäre,

$$\text{Cos.}\,\frac{1}{2}\,\delta = \sqrt{\left[\frac{\text{Sin.}\,(Z+\frac{1}{2}T)\,.\,\text{Sin.}\,(Z-\frac{1}{2}T)}{\text{Sin.}\,Z}\right]}.$$

Riese entwickelt sodann die nöthigen Correctionsformeln für die Fehler des Instrumentes selbst, namentlich die Neigung des Spiegels und seinen Nichtparallelismus mit der Axe des Magnetstabes. Statt wie Poggendorff ein Glasstück auf bei-

1 Intensitas vis magneticae terrestris ad mensuram absolutam revocata. Gottingae 1833. 4. und Schumacher astron. Nachr. No. 238. Götting. Gel. Anz. No. 205. 206. 207. 1833. Dec.

2 Poggendorff's Ann. IX. 67.

Digitized by Google

den Seiten zu belegen, nimmt er zwei kleine Metallspiegel an, deren Rücken an einander stoſsen und die sich durch Schräubchen parallel stellen lassen. Dem runden, etwas schwachen Magnetstabe giebt er eine Länge von 10 bis 13 Zollen, spitzt seine Enden zur Verstärkung des Magnetismus scharf zu und verwahrt ihn in einem 3 bis 4 Zoll breiten und 6 bis 8 Zoll hohen Kasten von hinreichender Länge, der aus parallelen (?) Spiegeltafeln zusammengesetzt ist und durch welchen die Reflexion nach jeder beliebigen Richtung statt haben soll. Dieses, so wie der etwas unpraktische Vorschlag, die Nadel zum Behuf ihrer horizontalen Lage durch eine Libelle hindurchzustecken, möchte die Ausführung dieses Instruments, das vor Poggendorff's Idee keine Vorzüge hat, etwas schwierig machen.

Da Gauss der erste ist, der diese Einrichtung eines magnetischen Reflexionsapparates wirklich zur Ausführung gebracht hat, so geben wir hier die von ihm mitgetheilte Beschreibung desselben[1]. Der Eifer für die Beförderung wissenschaftlicher Forschungen hat die Vorsteher der Universität bewogen, etwa 100 Schritt westlich von der Sternwarte ein eigenes magnetisches Observatorium erbauen zu lassen, dessen Länge im magnetischen Meridiane 32 par. Fuſs bei einer Breite von 15 F. und einer Höhe über 10 F. beträgt. Auf jeder der langen Seiten ist ein Vorsprung; der westliche dient als Eingang, der östliche zur Wohnung eines Wächters. Was sonst an Gebäuden von Eisen gemacht wird, ist hier von Kupfer. Die früher von Gauss gebrauchten Nadeln oder (besser zu sagen) prismatischen Stäbe waren 0,3 Meter (11 Z. 1 L. par.) lang und nahe 1 ℔. schwer. Sie hängen an einem 29½ Zoll langen ungedrehten Seidenfaden, der aus 32 einfachen[2] zusammengesetzt war. Das obere Ende des Fadens war drehbar und die Drehung wurde an einer Kreistheilung gemessen.

1 Schumacher astron. Nachrichten Th. X. S. 354. Gött. gel. Anz. 1834. N. 128. Poggendorff's Ann. XXXII. 562.

2 Diese Fäden, die feinsten, die im Handel vorkommen, sind eigentlich nicht einfach, sondern bestehn aus vier Fäden, welche ohne Drehung beim Abwickeln der Seide von den Cocons durch den thierischen Leim derselben an einander geklebt sind. Jeder trägt etwa 30 Grammes oder 1 Unze franz. Gew.

Digitized by Google

Der Planspiegel befand sich an einem Ende der Nadel und das Ganze war in einen hölzernen cylindrischen Kasten eingeschlossen, welcher auſser einer kleinen Oeffnung im Deckel für den durchgehenden Faden noch eine gröſsere an der Seite hat. Dem Spiegel gegenüber stand in einer Entfernung von 16 Fuſs ein Theodolith, dessen Fernrohr, etwas höher stehend als der Spiegel, auf diesen niederwärts gerichtet war. Eine Scale von 4 Fuſs Länge, in einzelne Millimeter getheilt, war senkrecht auf den magnetischen Meridian am Stativ des Theodolithen befestigt, ein von der Mitte des Fernrohrs herunterhängendes Senkel schnitt an der Scale den Anfangspunct der Theilung ab. In der Verlängerung der Nadel, 16 Fuſs weit hinter derselben, war eine Marke befestigt, welche dazu diente, jeden Augenblick die unverrückte Stellung des Theodolithen zu prüfen. Jeder Theil der Scale betrug nahe 22 Secunden, von denen ein geübtes Auge leicht Zehntheile unterschied. Da die Nadel selten in Ruhe war, so wurden ihre Elongationen zu beiden Seiten beobachtet und je zwei östliche mit der dazwischen liegenden westlichen combinirt und umgekehrt. In den Vormittagsstunden, wo die tägliche Variation sich am schnellsten ändert, konnte man diese beinahe von einer Zeitminute zur andern verfolgen. Die später gebrauchten Magnetstäbe von Uslarschem Guſsstahl haben eine Länge von 610 Millim. (22,53 par. Z.), eine Breite von 37 Millim. (1,37 par. Z.) und eine Dicke von 10 Millim. (0,37 par. Z.). Die Breite des Spiegels beträgt 73 Millim. (2,77 par. Z.), seine Höhe 50 Millim. (1,85 par. Z.). Der Stab ist an einem von der Decke herabgehenden 200fachen 7 Fuſs langen Seidenfaden aufgehangen und der Torsionskreis ist unterhalb am Faden angebracht. Hierbei beträgt der Torsionswiderstand nur $\frac{1}{300}$ der horizontalen Directionskraft der Magnetnadel. Vermittelst einer geeigneten Vorrichtung kann der Faden oben verkürzt und verlängert werden; der Theodolith steht im Süden, man sieht durch das nördliche Fenster einen der Stadtthürme, dessen Azimuth sehr genau bestimmt ist, auch versichert ein feiner verticaler Strich an der nördlichen Wand den unverrückten Stand des Theodolithen. Die Scale ist 4 Fuſs lang, in Millimeter getheilt und ein Theil beträgt 21″,3 im Bogen. Für gewöhnlich wird um 8^h Vormittags und um 1 Uhr Nachmittags beobachtet und es betrug die Declination

Digitized by Google

Monat	8h Vorm.			1h Nachm.			Untersch.	
April	18°	36′	6″,9	18°	47′	3″,8	10′	56″,9
Mai		36	28,2		47	15,4		47,2
Juni		37	40,7		47	59,5		18,8
Juli		37	57,5		48	19,0		21,5

An gewissen Tagen, den 20. März, 4. Mai und 21. Juni, werden die fortgesetzten Beobachtungen alle 20, ja 10 und 5 Min. aufgezeichnet und stimmen mit den an andern Orten, z. B. durch Sartorius in Meiningen, zu Frankfurt a. M. und zu Berlin mit ähnlichen Apparaten angestellten vollkommen überein. Aus den im Juli angestellten Messungen ergab sich die Intensität = 1,7743; 1,7740; 1,7761 als Werth der horizontalen Kraft[1].

Die Anwendung schwerer Nadeln oder eigentlicher kräftiger Magnetstäbe ist ein wesentlicher Vorzug der von Gauss aufgestellten Einrichtung, indem dadurch die störenden Einflüsse, welche die Sicherheit der Beobachtung durch die Reibung der Spitzen, die Steifheit der Fäden, schwache Aenderungen der magnetischen Richtung, Temperatur und Wärmestrahlung, Luftzug und andere kleine Hindernisse erleidet, von der überwiegenden Kraft des Stabes beseitigt werden. Gauss hat sich hiervon durch Versuche mit einer zweipfündigen Nadel überzeugt und ist der Meinung, daſs durch Anwendung noch schwererer Stäbe von 4, 5 und 6 Pfund eine Sicherheit der Resultate erreicht werden könne, welche derjenigen der feinsten astronomischen Beobachtungen durchaus nicht nachsteht. Schade nur, daſs mit dem Gewichte der Nadeln auch die Menge und Spannung der Fäden und ihre Entfernung von der Aufhängungsaxe zunimmt. Mit Stahlspitzen ist da kaum mehr etwas anzufangen und jeder Versuch, sie auf

1 Diese ausgezeichneten Vorrichtungen dienen nebenbei zur Aufhellung eines andern wichtigen physikalischen Problems. Die aufgehängten Magnetstäbe sind nämlich mit Multiplicatoren umgeben, der Hauptstab mit einem aus 200 Windungen bestehenden, von versilbertem Kupferdraht, wovon 2,6 Meter 1 Gramm wiegen. Es ist dann vom physikalischen Cabinette aus eine Verbindung aus Messingdraht, wovon 1 Meter 8 Gramme wiegt, hergestellt worden und es zeigt sich, daſs der elektrische Strom die ganze Länge von 9000 par. Fuſs in unmeſsbarer Zeit durchläuft.

Digitized by Google

Quecksilber schwimmen zu lassen, würde mit noch gröſserer Reibung verbunden seyn.

Die bisher beschriebenen Apparate eignen sich vorzüglich für Beobachter, die sich eine bleibende Einrichtung für die Beobachtung der stündlichen Aenderungen zu verschaffen im Stande sind. Die Wichtigkeit dieser Untersuchung in entlegenen Plätzen des Erdballs legt uns die Pflicht auf, dem reisenden Naturforscher ein Werkzeug in die Hände zu geben, mit welchem er auch unter weniger bequemen äuſsern Umständen gute Beobachtungen über den magnetischen Wechsel anstellen kann. Die einfachste Vorrichtung für diesen Zweck wäre eine hinreichend lange Nadel, welche an ihren Enden einen kleinen auf Silber oder Elfenbein eingetheilten Gradbogen trüge. Allein diese würde, wenn man ihr auch die bedeutende Länge von 2 Fuſs ertheilte, doch für 1 Minute nur 0,04 Lin. Ausschlag geben, was durch Mikroskope, deren Vergröſserung, des Gesichtsfeldes wegen, nicht hoch getrieben werden dürfte, höchstens auf $\frac{1}{4}$ Linie zu bringen wäre. Will man überhaupt Mikroskope und eine Messung des Winkels auf einen Gradbogen anwenden, so könnte man auf folgende Weise den Apparat um die Hälfte kürzer machen, ohne in Genauigkeit etwas einzubüſsen. Man denke sich den Glaska- Fig.
sten G L, welcher die Nadel N enthält, auf einer etwas gewichti- 185.
gen, durch Stellschrauben nivellirbaren, messingnen oder steiner- u. 186.
nen Platte A B liegend und am Deckel desselben oder an einem besondern Bügel C D, den die Fig. von oben gesehn darstellt, die Röhre R befestigt, welche den Seidenfaden enthält. Diesen Glaskasten umgiebt ohne unmittelbare Berührung ein Gestell E F, das aus drei messingnen durchbrochnen Flächen oder Rahmen besteht, die durch Charniere, d. h. Bewegungen zwischen zwei Spitzen, mit einander verbunden sind. Ihr Querschnitt bildet ein Rectangel, welches, wie die punctirten Linien anzeigen, nach Belieben in ein Parallelogramm oder Rhomboid sich verschieben läſst. Auf dem obern Rahmen, welcher in H die Eintheilung trägt, befindet sich eine breite, in der Mitte für den Durchgang der Röhre mit dem Seidenfaden ausgeschnittene Alhidade I K, deren ebenfalls zwischen Spitzen beweglicher Drehungspunct in P ist. Dicht an diesem steht das Mikroskop K und in der Nähe des Vernier das Mikroskop I. Die flache Magnetnadel N ist an ihrem Ende

entweder durchbohrt, oder auch nur an den Enden der Linie, die ihre Axe bezeichnet, mit einem Einschnitt, einer Kerbe versehn, welche von Fäden des Mikroskops bei jeder Umwälzung der Nadel bisecirt wird. Hat nun die letztere ihre Lage geändert, so wird erstlich vermittelst der Schraube s, welche den einen Rahmen gegen die Feder t andrückt, das Gestelle so weit vor- oder rückwärts getrieben, bis der Faden des Mikroskops K die Axe der Nadel N durchschneidet; alsdann findet sich das Mikroskop l um das Doppelte der Aenderung vom andern Ende der Nadel entfernt und die Alhidade wird, wenn auch dieses eingestellt ist, das Doppelte des Aenderungswinkels angeben. Auf diese Weise könnte man mit einer Nadel von etwa 15 Zoll Länge und mit Mikroskopen von zwölfmaliger Vergröſserung die Gröſse einer Minute auf 0,7 L. bringen. Diese Vorrichtung hat jedoch mit den meisten bisherigen Declinatorien den Nachtheil gemein, daſs der Beobachter der Magnetnadel zu nahe ist, mithin durch Stahl und Eisen, durch Schlüssel, Messer, Schnallen, die er an sich trägt, und durch die Wärme seines Körpers leicht auf dieselbe einwirken kann. Es dürfte daher auch für diese Art von Beobachtungen nicht undienlich seyn, die Poggendorff'sche Methode in Anwendung zu bringen und den Apparat so einzurichten, daſs der Beobachter sich nicht bloſs in einer der vier Weltgegenden, sondern in jedem beliebigen Azimuth der Nadel aufstellen könne.

Zu diesem Ende hat man nur den Spiegel so anzuordnen, daſs er eine etwelche Drehung ums Centrum und sichere Feststellung in einer gegebenen Lage zuläſst. Man befestigt denselben auf eine messingene Scheibe, welche unten mit einem kleinen konischen Zapfen in den Steg a b sich einsenkt
Fig. 187. und durch die beiden Schrauben m und n auf demselben angepreſst wird. Den Spiegel dreht man so, daſs er dem Fernrohr senkrecht gegenüber stehe. Kann man auch nicht immer ein Zimmer im Erdgeschoſs finden und die Nadel auſserhalb auf eine sichere Weise aufstellen, so lassen sich dagegen in vielen Zimmern Fernrohr und Nadel etwa an den Ecken einer breiten Spiegelwand zwischen zwei Fenster in hinreichender Entfernung von einander befestigen, wobei freilich die in die Mauer einzulassenden Krampen und Schrauben von reinem Mes-

sing oder Kupfer seyn müssen[1]. Die Bequemlichkeit, im Zimmer beobachten zu können, und die damit verbundene gröſsere Sicherung des Apparates dürfte in vielen Fällen den Vortheilen einer Aufstellung im Freien die Waage halten. Dagegen fällt, wenn die Richtung der Wand nicht genau im magnetischen Meridiane des Orts oder senkrecht auf denselben ist, die Möglichkeit weg, den Collimationsfehler des Spiegels durch Umkehren zu prüfen oder eine absolute Bestimmung der Abweichung auf diesem Wege zu erhalten, und man muſs sich auf die Beobachtungen der stündlichen Aenderungen beschränken.

Um jedoch den reisenden Beobachter auch für den Fall die Vortheile des Poggendorff'schen Vorschlags genieſsen zu lassen, wo weder Aufstellung der Nadel im Freien, noch Befestigung derselben an der Mauer des Zimmers (von hölzernen Wänden darf hier die Rede nicht seyn) möglich ist, schlagen wir vor, das Kästchen mit der Nadel und das Fernrohr auf einem und demselben Lineale zu befestigen, das man jedesmal in der Richtung des Meridians aufstellt und wie jede andere Declinationsnadel für stündliche Beobachtungen gegen Verrückung sichert. Wie bei dieser opfert man hier auch die Vortheile, die mit der Entfernung des Beobachters verbunden sind, aber man behält doch diejenigen einer wohlfeilern Ausführung des Instruments und gröſserer Genauigkeit. Um die Fig.
Dimensionen desselben nicht zu vergröſsern, bringe man den 188.
Spiegel am entferntern Ende der Nadel an, so daſs er auf- und niederwärts über die horizontale Ebene des runden oder prismatischen Magnetstabes hinausrage, und hänge den letztern in Fig.
der Mitte in einem Bügel auf, in welchem er um seine Axe 189.
umgewälzt werden kann und durch welchen die Strahlen vom Spiegel ungehindert zum Fernrohr gehn. Die Scale, einen ver- Fig.
silberten Messingstab, befestigte man am Fernrohr oder an dem 190.
Träger desselben so, daſs ihr Bild in dieses zurückfällt; die

---

1 Man kann auch den Träger des Fernrohrs an einem Pfosten der geöffneten Thüre und diesem gegenüber in passender Richtung die Spiegelboussole an der Mauer anbringen und so eine noch gröſsere Trennung derselben vom Beobachter erhalten. In massive Wände können ferner hölzerne oder steinerne Träger mit Gyps hinlänglich fest eingekittet werden, um das Declinatorium mit Sicherheit zu tragen.

hierzu erforderliche geringe Neigung des Spiegels kann leicht durch eine einseitige Beschwerung und Senkung der Nadel erreicht werden. Da bei solchen Anordnungen im Zimmer der Scale leicht die nöthige Helligkeit entgehn könnte, so ist erforderlich, dieselbe bei der Beobachtung durch Kerzenlicht zu beleuchten, wobei jedoch, wenn die Entfernung von der Nadel nicht groſs ist, jede Einmischung von Eisen (Weiſsblech) zu vermeiden wäre.

Ueber die Nützlichkeit der Vorschläge', durch Combination mehrerer Nadeln die Veränderungen der Abweichung merkbarer zu machen, haben wir schon früher[1] ein bezweifelndes Urtheil geäuſsert. Seither hat Moser[2] eine von Biot[3] angegebene Methode wieder aufgenommen, die darin besteht, daſs man der Declinationsnadel den gleichnamigen Pol eines im Meridiane liegenden nahen Magnetstabes in constanter Entfernung entgegen hält, so daſs eine Abtreibung der Nadel entsteht. Moser vergröſserte auf diesem Wege die Verrückung der Nadel ums 6- bis 7fache. Die Nadel war 8 Zoll lang und mit Hülfe eines Verniers konnte man bis auf 3 Minuten ablesen. Ihr wurde der feindliche Pol eines andern Magnets entgegengesetzt. Die Mittelpuncte der beiden Magnetstäbe waren 15 Zoll von einander entfernt. Um die so vergröſserten Aenderungen der Nadel auf ihren wahren Werth zu bringen, hat man einige Versuche dergestalt anzustellen, daſs man den festen Magnetstab um eine bestimmte Anzahl von Graden vom Meridiane abweichen macht. Es bezeichne i diese Abweichung der festen Nadel, z den Winkel, um welchen die bewegliche Nadel für ein gegebenes i vom Meridiane sich entfernt, so ist nach Moser

$$\frac{\text{Sin.}(z-i)}{\text{Sin.}\,z} = a - b\,\text{Sin.}^2\frac{z}{2} + c\,\text{Sin.}^4\frac{z}{2},$$

woraus sich die Werthe von a, b und c ableiten lassen.

Da jedoch $\text{Sin.}^4\frac{z}{2}$ bei so kleinen Winkeln, wie eine auch um 10mal vergröſserte Abweichungsänderung sie geben kann, immer unbedeutend bleibt, so kann man sich auch nur

1 S. *Abweichung*. Bd. I. S. 151.

2 Poggendorff's Ann. XX. 431.

3 Ann. de Chim. XXIV. 140.

Digitized by Google

mit 2 Gliedern begnügen. Die beobachteten z müssen alsdann durch $\frac{1}{1-a}$ dividirt oder mit 1 — a multiplicirt werden. Moser findet für die oben angegebene Einrichtung

für z = 0°	den Werth von	z — i =	0°
„ „ 2	„ „	„ „	8 48′
„ „ 3	„ „	„ „	11 24
„ „ 4	„ „	„ „	39 39
„ „ 5	„ „	„ „	14 50

und daraus a = 0, 85377; b = — 5,0354 und c = 77,76 und beweist durch Vergleichung von zwanzig reducirten Resultaten mit solchen, die Dove zu gleicher Zeit an einer Gambey'-schen Declinationsnadel beobachtet hatte, die Zulänglichkeit seiner Formel.

Es dürfte hier der Ort seyn, noch von einem wesentlichen Elemente der Abweichungsbouſsole zu sprechen, das schon seit ein Paar Jahrhunderten im Gebrauch, doch erst von Kupfer und neuerlich von Gauss in Untersuchung genommen worden ist: von der *Drehung des Fadens*, an welchem die Nadel aufgehängt wird. Was früher von Coulomb (s. *Drehwaage*) in dieser Angelegenheit geschah, betraf mehr die Metalldrähte, als die biegsamen Fäden, bei welchen ihrer innern Beschaffenheit wegen noch andere Betrachtungen in Frage kommen, als bei jenen. So hängt nach Coulomb der Widerstand, den ein Metallfaden der Drehung in seiner Axe entgegensetzt, nur von seiner Länge und seinem Durchmesser ab, wozu, wie Gauss bemerkt, noch etwa die Temperatur hinzukommt; bei vegetabilischen oder animalischen Fäden hingegen ist auſser dem Feuchtigkeitszustande auch noch das Maſs ihrer Belastung in Acht zu nehmen. So fand z. B. Gauss[1], daſs der Widerstand, den ein zusammengesetzter Seidenfaden, der 496 Grammen (nahe 1 ℔.) zu tragen hatte, der horizontalen Wirkung des Erdmagnetismus entgegensetzte, 0,00167 dieser Kraft betrug, aber auf 0,00235 anwuchs, als die Last auf 710 Grm. (nahe 1½ ℔.) vermehrt wurde. Er nahm also sehr nahe im geraden Verhältnisse der Belastung zu. Der Faden bestand aus 30 einfachen Fäden, war 0,8 Meter (29½ Zoll) lang und hätte nahe 1 Kilogramm getragen.

1 Intensitas vis magn. terrestris. p. 19.

Um die Torsionskraft der Seidenfäden zu prüfen, bediente sich Kupffer[1] des Declinatoriums von Gambey und einer von ebendiesem Künstler verfertigten Variationsboussole für die stündlichen Bewegungen. Der Aufhängungspunct des Fadens konnte um eine beliebige Anzahl von Graden gedreht werden, die auf einer eingetheilten Scheibe gemessen wurden; dadurch wurde die unten angehängte Magnetnadel um einen gewissen kleinen Winkel vom Meridiane abgelenkt. Die Kraft, mit welcher der Erdmagnetismus die Nadel im Meridiane festzuhalten strebt, war also das Maſs zur Messung der Drehkraft des Fadens und diese kann man für die Dauer des Versuchs wohl als beständig annehmen. Anders verhält es sich mit der Richtung der Nadel selbst; diese ändert sich der Erfahrung zufolge von Stunde zu Stunde. Zu dem Ende muſs in gehöriger Entfernung von der zum Versuche bestimmten Nadel ein ähnliches Instrument aufgestellt seyn, an welchem man die eigenthümlichen Verrückungen der Nadel, die vom Erdmagnetismus herrühren, erkennt, um die Resultate der Versuchsnadel um diesen Winkel corrigiren zu können. Von den zwei Declinatorien, die Kupffer zu Gebote standen, war das eine nach Minuten und Secunden, das andere, die Variationsboussole, in Millimeter getheilt; die am letztern angebrachten zwei Mikroskope standen um 0,4730 Meter von einander ab. Es ergab sich hieraus der Werth einer Minute = 14,54 Millim. des Mikroskops und ebendieses (oder 14,64) war das Ergebniſs von dreiundvierzig vergleichenden Beobachtungen über den Gang der beiden Nadeln, die nach der Methode der kleinsten Quadrate berechnet wurden. Die ersten sechs Versuche stellte Kupffer mit dem eigentlichen Gambey'schen Declinatorium an; sie sind nach angebrachter Correction für die magnetische Aenderung selbst folgende.

Drehungen	7°,5	37°,5	67°,5
Ablenkung rechts	1′5″	5′8″	9′21″
— links	0 58	5 14	9 11
Mittel	61″,5	311″,0	556″,0
Ablenkung f. 1° Drehung	8,19	8,32	8,24.

1 Novi Comm. Acad. Petrop. XIV. und Poggendorff's Ann. XXV. 476.

Man sieht, daſs die Ablenkung sich gleich bleibt und dem Torsionswinkel proportional ist, sie betrug 8″,2 für jeden Grad der Drehung; diese nicht geringe Wirkung ist wohl der Kürze des Seidenfadens, die bei diesem Instrumente nicht über 4 Zolle gehn mochte, zuzuschreiben.

Die folgenden Versuche wurden mit der Variationsnadel für die stündliche Aenderung angestellt; sie waren für die

Drehung von	27°,5	57°,5	87°,5	117°,5	177°,5
Ablenkung rechts Millim.	0,140	0,285	0,425	0,570	0,825
oder in Secunden	122	249	371	497	720
Drehung links	32°,5	62°,5	92°,5	122°,5	182°,5
Ablenkung links Millim.	0,175	0,325	0,507	0,652	0,930
in Secunden	153	284	443	569	812

Man erhält hieraus folgende Ablenkung für 1° Drehung.

Aus	27°,5	4″,45	Aus	32°,5	4″,71
	57,5	4,34		62,5	4,55
	87,5	4,25		92,5	4,79
	117,5	4,23		122,5	4,64
	177,5	4,06		182,5	4,45

Combinirt man diese eilf Beobachtungen nach der Methode der kleinsten Quadrate, so erhält man die Ablenkung 4,37 Sec. Die Drehungen links sind weniger regelmäſsig als die erstern, was von der Schwierigkeit, den Einstellpunct der bewegten Nadel zu schätzen, herrührt. In beiden Reihen zeigt sich jedoch eine Verminderung der Ablenkung bei zunehmender Drehung.

Noch sichtbarer wird dieses durch eine spätere Reihe von Versuchen, die Kupffer mit der Nadel der Variationsboussole anstellte und von welcher wir hier neben der ursprünglichen vom Verfasser selbst auf die anfängliche Declination reducirten Angabe in Millimetern noch ihre durch 60″ × 14,56 in Secunden übertragenen Werthe und die Ablenkung für 1° Drehung mittheilen.

Digitized by Google

Drehung rechts	Ablenkung in Millim.	Sec.	Ablenkg. für 1°	Drehung rechts	Ablenkg. Millim.	Sec.	Ablenkg. für 1°
6°	26,700	—	—	420°	28,329	1419″	3″,38
60	26,935	205″	3″,42	480	28,532	1598	3,34
120	27,214	448	3,34	540	28,683	1728	3,20
180	27,460	664	3,69	720	29,208	2184	3,99
240	27,764	937	3,91	540	28,633	1688	3,14
300	27,999	1134	3,78	360	28,034	1227	3,41
360	28,129	1298	3,61	180	27,422	693	3,85
				0	23,630		

Drehung links	Ablenkg. in Millim.	Sec.	Ablenkg. für 1°	Drehung links	Ablenkg. in Millim.	Sec.	Ablenkg. für 1°
0°	26,630	—	—	540°	24,609	1764	3,27
160	25,805	720	4,06	720	24,116	2185	3,04
360	25,144	1397	3,88	0	26,623	—	—

Das Mittel der Ablenkungen von 0° bis 360° ist 3″,69; von 420° bis 540° inclus. 3″,21, und wenn jene Gröſsen auf den Werth von 0° am Schlusse dieser Ablenkungen (26,630) bezogen werden, 3″,24; das Mittel von 360° rechts bis 360° links ist 3″,79 und das der zwei letzten Beobachtungen = 3″,16.

Nachdem der Faden einmal umgedreht worden ist, wird, wie auch schon die vorigen Beobachtungen zu erkennen gaben, die Ablenkung geringer; er vermag bei stärkern Drehungen weniger Widerstand zu leisten. Durch die Drehung wird also ein Theil derjenigen Kräfte, durch welche die Geradheit seiner Fasern bedingt ist, wenn nicht aufgehoben, doch in eine unwirksamere Lage gebracht. Sie werden jedoch sogleich, wie die Data von 360°, 0°, 360° zeigen, wieder thätig, sobald die Drehung innerhalb der Grenze eines Umlauſs bleibt. Gleichwohl geht, wie die drei Beobachtungen bei 0° verrathen, ein kleiner Theil wirklich ganz verloren. Es scheint, daſs bei der Variationsboussole der Faden merklich länger gewesen sey, als bei dem Declinatorium, was auch die Zeichnung dieser Instrumente, so wie sie in Biot's Précis élémentaire sich findet, an die Hand giebt; doch können wir hier über das Verhältniſs des Widerstandes nach den Längen der Fäden, weil der Verſasser diese nicht mitgetheilt hat, keine genügenden Schlüsse machen. Wenn auch diese etwelche Steifheit

Digitized by Google

der Fäden auf die täglichen Aenderungen der Abweichung keinen bemerkbaren Einfluſs (etwa von 1 Sec.) hat, so wäre doch eine genauere Verfolgung dieses Gegenstandes für die Lehre von der Elasticität im Allgemeinen zu wünschen, um so mehr, da dieses Element denn doch bei den ungleich gröſsern Elongationen der Schwingungen der Magnetnadel allerdings in Betracht kommt.

Inclinatorium. Die vorzüglichsten Werkzeuge für diese Art magnetischer Beobachtungen sind bereits[1] beschrieben worden. Wesentliche Verbesserungen hat dieses Instrument seither keine erhalten, wohl aber sind die Methoden der Beobachtung erweitert und vervollkommnet worden. Zum Geschichtlichen mag Folgendes hinzugefügt werden. Der Erfinder der Neigungsnadel, Robert Normann, hatte die Bemerkung gemacht, daſs seine wohlabgeglichenen Compaſsnadeln nach dem Magnetisiren stets nach Norden sich senkten. Anfänglich half er sich mit Wachs, daſs er zur Herstellung des Gleichgewichts am südlichen Ende anklebte. Später versuchte er am Nordende ein Stück von der Nadel abzuschneiden, und da er an einer sechszolligen Nadel zufälliger Weise zuviel wegnahm, so beschloſs er vorerst durch einen wirklichen Versuch auszumitteln, wie weit er darin zu gehn habe. Die dazu nöthige Vorrichtung gab dann Gelegenheit zu einer der wichtigsten Entdeckungen für die Physik unsers Erdballs. Nach Gilbert's Ausdruck war Normann ein „*nauta peritus et ingeniosus artifex.*" Er beschrieb seine Maschine in einer besondern Schrift, *the new attractive*, und sie mag von derjenigen nicht viel verschieden gewesen seyn, welche 54 Jahre später der Jesuit Cabeus[2] angiebt. An einem zarten Haare (*crine muliebri*) wird ein ovaler messingner Ring rrr, aus einer dünnen Lame bestehend, aufgehängt; er ist nach seiner Fig.
kleinern Axe mit zwei feinen Löchern versehn, in welche die 191.
sehr dünnen cylindrischen Enden der Queraxe der Nadel eintreten. Eine hölzerne oder kupferne Halbkugel A trägt den

1 S. *Inklinatorium.* Bd. V. S. 742.

2 Philosophia magnetica, in qua magnetis natura penitus explicatur, nova etiam pyxis construitur, quae poli elevationem ubique demonstrat. Auct. Nicol. Cabeo Ferrarensi. Ferrariae 1629. fol. p. 78.

vertical aufgesetzten messingnen Theilungskreis, der oben geöffnet ist, um den Aufhängungsfaden durchzulassen. In der Verlängerung des letztern befindet sich ein Loth, dessen Spitze auf einen Punct im Boden der Schale einspielen muſs, um sich der Verticalität zu versichern. Die sechs bis sieben Zoll lange Nadel wird aus dem allerbesten Stahl bereitet, die Queraxe polirt und rechtwinklig durchgetrieben. Der Verfasser empfiehlt die möglichste Sorgfalt im Abgleichen der Nadel, so daſs sie vor dem Magnetisiren auf beiden Seiten gleich schwer sey, und die möglichste Freihaltung von mitgetheiltem Magnetismus. Nachher solle man sie stark bestreichen, in den erwähnten Ring aufhängen, damit sie sich frei bewegen könne, und das Ganze mit Glas bedecken. Wäre die Nadel von selbst magnetisch geworden, so solle man sie ganz magnetisiren und die erfolgte Neigung beobachten, dann solle man ihre Pole umkehren und das Nämliche thun. Gäben beide Beobachtungen das Nämliche, so sey die Abgleichung vollendet. Bei ungleichen Neigungen solle man hier und dort von der Nadel etwas wegfeilen, bis beide Enden nach öfterer Umwechselung der Pole das gleiche Resultat gäben. Derjenige Künstler sey ein Meister, welcher vor dem Magnetisiren eine Nadel so abgleiche, daſs sie in jeder Lage stehn bleibe, doch sey dieses, wie ihn die Erfahrung gelehrt habe, nichts unmögliches. Cabeus wuſste übrigens, daſs unter dem Aequator die Nadel horizontal liege, daſs aber die Neigung nicht nach der geographischen Breite fortschreite; so habe er durch öftere Versuche in der Breite von 45° sie etwa 62° gefunden, während sie in London in 50° Breite bis 72° betrage. Er hatte bereits im J. 1617 einem seiner Ordensbrüder auf eine Reise nach China eine Inclinationsboussole mitgegeben, so gut er sie damals zu construiren wuſste. Allein dieser starb auf der Reise. Dennoch erfuhr er, daſs mit der Annäherung zur Linie die nördliche Neigung immerfort abgenommen und bis zum Vorgebirge der guten Hoffnung die südliche immer zugenommen habe. Von einem andern Missionär, den er im Jahr 1619 ebenfalls mit einem Instrumente dieser Art ausgerüstet hatte, war bis damals die Antwort ausgeblieben.

Im Jahr 1668 gab Lieutaud[1] eine Vorrichtung an, die

1 Vinc. Leotodi Delphinatis Magnetologia. Lugd. 1668. 4.

Digitized by Google

Musschenbroek beſchreibt und die mit der eben erklärten groſse Aehnlichkeit hat. Das Inclinatorium des letztern beſtand aus einem groſsen Quadranten, der auf einem hölzernen Brete von 26 Zoll Seite ſich befand. Eigentlich waren es drei Quadranten oder 3 eingetheilte Gradbogen, um Nadeln von 1 bis 4 Fuſs Länge anbringen zu können. Vor dem Centrum derſelben befand ſich ein Lager, in welchem die feinen Axen der Nadel auf zwei Glasflächen, die auch bereits von Normann, Graham und Whiston angewendet worden waren, ſich umdrehten. Aller dieſer Mühe ungeachtet ſind die mit dieſen Inſtrumenten angeſtellten Beobachtungen von geringem Werthe und dieſes Urtheil trifft noch vielmehr diejenigen, welche mit weniger genauen Apparaten in jener Zeit von Noel, Bond, Ridley und ſelbſt ſpäter noch von Feuillée[1], La Caille und Le Gentil gemacht worden waren.

La Caille's Inclinationsbouſſole beſtand aus einem meſſingnen Ringe, den man entweder auf dem Schiffe vertical aufhängen oder am Lande mit Stellſchrauben ſenkrecht aufrichten konnte. Dicht neben dem Aufhängungspuncte war eine Lilie eingravirt, um die Umwendungen des Ringes, die Lilie ſüdlich oder nördlich von jenem Puncte (das *face East*, *face West* der Engländer) zu unterſcheiden. Wie die Nadel im Centrum aufgehängt war, ſagt La Caille nicht; er giebt nur an, daſs ſie 6 Zoll lang und rund war, in der Mitte ¼ Linie dick und gegen die Enden ſpitz zulaufend, alſo auf jeden Fall höchſt ſchwach. Sie war übrigens durch Glasſcheiben gegen den Luftzug verwahrt. Auf dem Schiffe beobachtete La Caille in der groſsen Cajüte mit einem ſehr einfachen Geſtelle. Die

1 Feuillée beobachtete anfänglich nur mit einer vierzolligen Bouſſole, auf welche er einen verticalen eingetheilten Halbkreis hatte ſetzen laſſen. S. ſein Journ. des Obſerv. phyſ. et aſtron. etc. T. I. p. 15. Später beſtand ſein Inſtrument aus einem flachen meſſingnen Ringe von 5 Zoll Durchm., welcher beim Gebrauch im Meridiane aufgehängt wurde und an welchem zwei horizontale Querſtreifen befeſtigt waren mit zwei feinen Löchern in der Mitte, beſtimmt die Axe der Nadel aufzunehmen. Ebend. T. II. p. 502. Le Gentil bediente ſich des Inclinatoriums, das La Caille in den 50er Jahren auf ſeiner Reiſe nach dem Vorgebirge der guten Hoffnung gebraucht hatte. Es ſcheint nicht, daſs es gut abgeglichen geweſen ſey. S. Voy. dans les mers de l'Inde. T. II. p. 311.

Rücklehnen zweier Strohstühle wurden in einer Distanz von 1 Fuſs gegen einander gekehrt und zwischen dieselben eine Boussole auf den Boden gelegt; auf das oberste Querstück der Lehnen legte man einen Stock von Palmenholz, an welchem mittelst einer Schnur der Inclinationsring aufgehängt und in den Meridian gerichtet wurde. Wenn die Schwingungen der Nadel kleiner wurden, so nahm man das Mittel aus ihren Elongationen. So wurden die beiden Lagen des Rings (Lilie Süd, Lilie Nord) beobachtet, wobei jedoch die Boussole in 3 Fuſs Entfernung am Boden liegen blieb. Auf diese Weise konnte La Caille bei ruhiger See auf dem 64 Kanonenschiffe Achilles bis auf einen halben Grad beobachten. Was ihn am meisten befremdete, war, daſs seine Nadel auf der Nordhälfte der Erdkugel in beiden Lagen so ziemlich die nämliche Neigung angab, hingegen auf der Südhälfte selbst bei Beobachtungen am Lande bis auf drei Grade Differenzen darbot. Bernoulli schrieb dieses einer mangelhaften Abgleichung der Nadel zu und rieth ihm, die Neigung in verschiedenen magnetischen Azimuthen zu beobachten und die Angaben durch die Formel Cot. d. Neigung im Meridian = Cot. der Neigung im Azimuth × Cos. des Azimuths zu reduciren. La Caille befolgte in Paris diesen Rath und bedauerte sehr, auf der Reise diese Methode noch nicht gekannt zu haben[1].

Besser stimmen allerdings die auf Cook's Reisen gemachten Beobachtungen. Das dort gebrauchte Instrument war von Nairne nach Michell's Angabe verfertigt. Es unterschied sich von den frühern durch eine etwas gröſsere Dimension und durch die gröſsere Länge der Queraxe der Nadel; die Enden dieser Nadel waren konisch zugespitzt und spielten in konischen Höhlungen. Die Nadel war in der Mitte mit einem
Fig. 192. Kreuze versehn, das vier an einem Schraubengang stellbare kleine Gewichte trug, um sie zu aequilibriren. Zwei derselben lagen in der Längenrichtung der Nadel, die beiden andern senkrecht auf diese. Cavendish gab eine sehr verwickelte Instruction über die Berichtigung der Nadel mit Hülfe jener Gewichte[2]. Kürzer thut dieses Bayly in folgenden

1 Hist. de l'Acad. p. 1754. p. 94.

2 Astron. Observ. made on the voy. to the Northern pacific Ocean by Cook, King and Bayly. Lond. 1782. p. 225.

Digitized by Google

Worten: „Man entziehe der Nadel allen Magnetismus und „rücke die beiden Momente, welche in der Richtung der Na- „del liegen, so, daſs die Nadel horizontal liegt. Dann bringe „man die Nadel in eine verticale Lage und berichtige die bei- „den andern Gewichte, welche auf sie senkrecht stehn. Hier- „auf magnetisire man die Nadel.“ Er selbst, so wie auch Wales, klagen sehr über dieses Kreuz, indem die geringste Drehung desselben an der Axe den Parallelismus der Gewichte mit der Nadel störe und man ganze Tage fruchtlos mit der Berichtigung zubringen könne[1].

In Beziehung auf den Durchmesser der Axe macht Hansteen die eigenthümliche Bemerkung, daſs jede Nadel, deren Axe nicht sehr dünn ist, die Neigungen zu klein angebe. Ist nämlich D der Berührungspunct, in welchem die Axe ED auf Fig.
der Achatfläche AB rollend aufliegt, so muſs man die Nadel 193.
für einen gebrochnen Hebel NDS ansehn, an welchem der Arm DS gröſser ist als DN, den Fall ausgenommen, wo die Nadel horizontal steht. Durch die Umkehrung der Pole entgeht man freilich auch dieser Einwirkung. Hansteen räth an, die Nadel bloſs auf einer Schneide ruhn zu lassen; allein nicht nur würde es schwer halten, an einer soliden Axe die Schärfen der Messer vollkommen in eine Linie zu bringen, es sey denn, daſs man eine keilförmige Schneide in den Ausschnitt eines messingnen Cylinders legte, sondern es muſs auch für die Ueberlast corrigirt werden. Die gewöhnliche Auskunft, die Zapfen an ihren Enden sehr dünn zu machen, hat ihre besondern Schwierigkeiten darin, daſs einerseits so kleine Zapfen sehr leicht elliptisch werden, andererseits durch den Druck der Ausarbeitung sich einbiegen, so daſs die Enden nicht mehr gleichlaufend sind.

Ein anderer Fehler kann bei langen Nadeln durch ihre Elasticität entstehn. Die Nadel, deren Enden durch die Schwere sich niedersenken, kann in allen vier Lagen das Nämliche zeigen und doch die Neigung um 5 bis 6 Grade zu klein angeben. Dieses war der Fall mit einer Nadel, die Hansteen besaſs, die 2 Fuſs Länge und 0,3 Zoll Breite hatte.

---

1 The Astron. Observ. made on the voy. to the South pole. Lond. 1777. 4. in d. Vorrede p. 51, und in den Beobachtungen p. 42.

Digitized by Google

Bei der gänzlichen Vernachläſsigung, welche das Studium des Magnetismus am Ende des vorigen Jahrhunderts erfuhr, blieb jener Klagen ungeachtet dieses Kreuz eine Hauptausstattung der Neigungsnadeln. Für den Seegebrauch wurde die
Fig. 194. Axe, statt auf Achatflächen, auf leichte Frictionsrollen A, B von 3 bis 4 Zoll Durchmesser gelegt, welche, wenn sie nicht äuſserst sorgfältig sowohl in Absicht auf Dicke oder Ueberlast, als auch auf genaue Rundung abgeglichen sind, leicht zu falschen Resultaten führen können. Sie gewähren allerdings bei den Schwankungen des Schiffes der Axe einen festen Anhalt,
Fig. 195. allein dieses kann auch bei einer Achatfläche AB durch eine feine Gabel f erreicht werden, welche den dünnen Endcylinder genau umschlieſst, ohne ihn jedoch zu berühren oder zu klemmen.

Eine neulich von Barlow[1] beschriebene Inclinationsboussole unterscheidet sich von derjenigen, die wir Bd. V. S. 757. dieses Wörterbuchs vorgeschlagen haben, nur durch die Beibehaltung des trommelförmigen messingnen Gehäuses statt eines viereckigen hölzernen Kästchens. Die Nadel spielt ebenfalls frei auf einer blanken Achatfläche, auf welche sie durch einen senkbaren Rahmen niedergelassen wird. Bei Gambey's Boussolen hingegen liegt die Axe in einem nahe rechtwinklig ausgeschnittnen Lager einer Kerbe, was freilich die Reibung vermehren dürfte. Das Gehäuse ist viereckig und von Holz. Beiderlei Gehäuse sind auf einem Azimuthalkreise drehbar, der besonders bei den neuern Beobachtungsmethoden nicht mehr entbehrt werden kann[2].

Wir haben schon früher[3] die Schwierigkeit der Aufgabe erwähnt, die Nadel genau in die Ebene des Theilkreises zu bringen und dennoch sie auf und nieder zu bewegen. Gambey hilft sich dadurch, daſs er die Nadel etwas kürzer macht,

---

1 Magnetism in Encyclop. Metrop. p. 768.

2 Bei Barlow's hier beschriebener Neigungsnadel hat der Theilungskreis nur 6 Zoll Durchmesser und seiner Erfahrung zufolge sind kleinere Nadeln sicherer, als gröſsere. Er spricht es als einen Wunsch aus, sie bis auf 4 Zoll heruntergebracht zu sehn; er wuſste nicht, daſs schon im Jahr 1825 Hansteen ein Inclinatorium von Dollond erhalten hatte, welches nur 3 Zoll im Durchmesser hielt und demnach sehr übereinstimmende Resultate gab. (S. Pogg. Ann. III. 409.)

3 S. *Inklintorium.* Bd. V. S. 758.

Digitized by Google

als der Diameter der innern Kante des Theilkreises ist; man könnte sie auch in horizontaler Lage einlegen, wenn es nicht aus andern Gründen rathsam wäre, sie in einer Neigung auf die Achate abzusetzen, die von derjenigen, welche sie nachher annimmt, wenig verschieden ist. Wir haben jener Schwierigkeit durch eine schräge Senkung des Rahmens zu entgehn gesucht. Die folgende Beschreibung eines neuen Inclinatoriums wird auch diese Aushülfe entbehrlich machen.

Eine starke, wohlgeschliſſene Glastafel A A′ von 12 Zoll Fig.
Länge und 11 Z. Breite bei 3 Lin. Dicke, die aufrecht in ei- 196.
nem massiven hölzernen Fuſsstück befestigt ist, macht die u. 197.
Hauptstütze des Instrumentes aus. Sie ist nahe in der Mitte bei C einen Zoll groſs durchbohrt, um das einfache, etwas flache Zapfenwerk eines eingetheilten Kreises D D′ aufzunehmen, der etwa 7 Zoll Durchmesser hat. Zwei ähnliche kleinere Löcher hat sie bei B und B′, um die kleinen, horizontalschwebenden Säulen B F, B′ F′ aufzunehmen, welche den dicken Glasstreifen F, F′ tragen. Auf der Mitte dieses letztern ist das eine Lager für die Axe der Nadel befestigt, das andere sitzt inwendig vor der Höhlung bei C. Der bei B um eine Axe bewegliche Träger m m′ der Nadel kann nöthigenfalls so viel heruntergelassen werden, daſs er weder den Theilkreis D D′ noch die Nadel N S irgendwo decke. Diese bewegt sich also hier frei auf ihren Lagern, und es bedarf nur einer Alhidade, welche auſserhalb der Glastafel A A′ ihre Neigung nachahmt. Dieses thut das auf dem Kreise D D′ concentrisch drehbare Kreuz M M′ V V′, welches bei M und M′ zwei Mikroskope, bei V und V′ zwei Verniers trägt, mit welchen der Neigungswinkel auf der Theilung abgelesen wird. Die Mikroskope, welche bei mäſsiger Vergröſserung ein erweitertes Gesichtsfeld haben müssen, sind mit drei Fäden versehn, auf welche und zwischen welchen die Nadel einspielt. Sollte man die Einstellung der Mikroskope aus freier Hand zu schwierig finden, so kann durch eine bei V angebrachte Mikrometerschraube die genauere Stellung der Alhidade zu Stande gebracht werden. Die Nadel selbst trägt an ihren Enden ein Loch, in welches ein Stück Messingdraht eingenietet ist. Letzteres ist mit einer feinen Oeffnung durchbohrt, die von beiden Seiten her versenkt ist, so daſs ihre Kanten in eine Schärfe zusammenfallen. Eine ganz besondere Sorgfalt erfordert

Digitized by Google

die Lagerung der Nadel, welche mit dem Mittelpuncte des Theilkreises zusammenfallen muſs. Sie kann in verticaler Richtung durch gemeinschaftliche Hebung und Senkung der Lager, in horizontaler durch eine etwelche Verschiebung des Trägers m m' bewirkt werden. Um die obere Kante der Achate, nachdem beide durch Schleifen mit einer planen Fläche einander parallel gemacht sind, nach allen Richtungen zu nivelliren, lege man auf dieselben eine genaue Glasplatte von egaler Dicke, gleiche diese mit einem aufgelegten Niveau vermittelst der Stellschrauben des Gestelles vollständig ab und sichere diese Lage durch zwei rechtwinklig am gläsernen Gestelle befestigte Libellen. Ein Senkel, das an der Stelle der Nadel heruntergelassen wird[1], dient sowohl zur Berichtigung der Mikroskope, als auch des Collimationsfehlers am Theilungskreise. Man hat also hier ein Inclinatorium, bei welchem weder Theilung noch Nadel in irgend einer Stelle verdeckt wäre und bei welcher ein schwacher localer Magnetismus des Theilkreises, von welchem nach Hansteen[2] selbst trefflich ausgeführte Instrumente nicht immer frei sind, keinen Einfluſs ausüben kann.

Der Umstand, daſs man die Stellung der Nadel durch die Glasfläche A A' hindurch beobachten muſs, kann bei der Vollkommenheit der heutigen Spiegeltafeln, sowohl in Beziehung auf Reinheit des Glases und der Oberflächen, als auch auf gleichförmige Dicke, und bei der Natur dieser Beobachtungen selbst, die höchstens die Genauigkeit einer Minute zulassen, von keinem nachtheiligen Einflusse seyn. Die Nadel ist ungehemmt in ihren Bewegungen und der Neigungswinkel läſst sich mit aller Ruhe und ohne Hülfe einer meist unsichern Schätzung ablesen. Daſs die Nadel durch ein an die Glastafel A A' angelehntes Gehäuse von Holz und Glas gegen den Luftzug geschützt seyn müsse, bedarf wohl kaum einer besondern Erwähnung.

Das Fuſsstück dieses Apparats dreht sich vermittelst eines genauen, nicht allzukurzen Zapfens im Mittelpuncte eines messingnen Dreifuſses, wie bei Höhenkreisen oder Theodoli-

---

1 Vergl. Bd. V. Tab. XVI. Fig. 179.

2 S. Hansteen's Bemerkungen und Untersuchungen über verschiedene Neigungsboussolen in Poggendorff's Ann. XXI. 405. u. f.

then, oder auch nur einer massiven Scheibe von hartem, unwandelbaren Holze, die mit drei Stellschrauben versehn ist. Ein darauf befestigter Horizontalkreis von Messing giebt mit Hülfe einer vom Gestelle ausgehenden Alhidade das Azimuth des Instruments zu erkennen. Statt einer wirklichen Eintheilung, die nur selten von Nutzen seyn möchte, ist es wohlfeiler und zweckmäſsiger, auf dem Horizontalkreise nur in Intervallen von 5, 10 oder 15 Graden kleine Vertiefungen oder Löcher einzubohren, in welche ein an der federnden Alhidade befestigter konischer Stift einzutreten hätte, wie dieses an den Theilscheiben der Uhrmacher statt findet, um vermittelst dieser Einrichtung das Instrument schärfer als durch das Einstellen eines Theilstriches in bestimmte Intervalle des Azimuthes versetzen zu können.

Zur See unterliegt der Gebrauch des Inclinatoriums auſser den Störungen, die von der Anziehung des Schiffseisens herrühren, noch besondern Schwierigkeiten, die mit den Schwankungen des Fahrzeuges im Zusammenhange stehn. Daſs bei eigentlich stürmischem Wetter von solchen Beobachtungen keine Rede seyn kann, wird jeder, der diese Schwankungen auch nur aus Beschreibungen kennt, leicht abnehmen können; aber auch bei gutem Wetter ist im freien Ocean die Bewegung des Wassers noch stark genug, um die Nadel in ungehörige Schwingungen zu versetzen. Man hat deswegen auf den Reisen von Cook und Phips den Kasten des Inclinatoriums an zwei Charnieren aufgehängt, die auf einander winkelrecht sind; allein die Kürze eines solchen Pendels bringt leicht so schnelle Schwingungen hervor, daſs sie von Zeit zu Zeit mit denjenigen des Schiffes zusammenfallen, wodurch eine Verstärkung derselben entsteht. Man muſs daher, wie bei dem Seebarometer, die Aufhängung so veranstalten, daſs die Schwingungen langsamer als die des Schiffes und mit denselben incommensurabel werden, was wohl am besten durch die von Erman[1] gebrauchte Vorrichtung erreicht wird.

Eine runde hölzerne Scheibe, groſs genug, um das Instrument zu tragen, ist nach Art der Cardan'schen Lampe zwischen zwei messingnen Ringen aufgehängt, die an einem so-

1 Bericht über s. magn. Beobachtungen im russischen Asien, Berghaus Annal. d. Erd- und Völkerkunde. II. Bd. 5. Heft. 1830.

Digitized by Google

liden Stativ sich befinden, das entweder auf drei Füſsen ruht, oder sonst am Schiffe irgendwo befestigt ist. Von dieser Scheibe hängt an drei Schnüren eine fast centnerschwere, halbkugelförmige Bleimasse bis nahe auf den Boden hinunter. Dadurch erhält die Aufstellungsplatte eine so selbstständige Lage, daſs sie selbst bei starkem Schaukeln des Schiffes nur wenig aus der horizontalen Richtung kommt, nach Erman nur um etwa 6 Theilstriche des Niveau's; ihre Bewegungen sind langsam und nach beiden Seiten gleichförmig.

Beobachtungsmethoden.

Im fünften Bande dieses Werkes haben wir bereits der Neigungsbestimmungen erwähnt, welche von Beobachtungen *auſserhalb des Meridians* hergenommen werden. Seitdem hat diese Methode durch Kupffer[1] und beinahe gleichzeitig durch Peter Riess[2] eine Erweiterung erhalten, die sie zur Bestimmung dieses magnetischen Elements in hohem Grade geeignet macht. Wir folgen hier dem erstern dieser Physiker, weil seine Darlegung durch ihre Einfachheit und praktische Leichtigkeit sich empfiehlt. Schon oben[3] wurde gezeigt, daſs, wenn w irgend ein Azimuth bezeichnet, in dessen Ebene die Neigungsnadel sich befindet, und i die in demselben beobachtete Neigung, so ergiebt sich die wahre Neigung I aus $\text{Cot.}\,I = \frac{\text{Cot.}\,i}{\text{Cos.}\,w}$. Richtet man nun die Beobachtungen so ein, daſs die Azimuthe stets um gleiche Intervalle sich ändern, so ergiebt sich für diese Reductionen auf den Meridian eine bedeutende Abkürzung. Es sey dieses Intervall irgend ein aliquoter Theil des Umkreises $= \frac{360^\circ}{n}$, so bilden die Azimuthe folgende Reihe:

$$w,\ w+\frac{360^\circ}{n},\ w+\frac{2.360^\circ}{n},\ w+\frac{3.360^\circ}{n}\ \ldots;\ w+\frac{(n-1)360^\circ}{n},$$

und da

$$\text{Cot.}\,i=\text{Cot.}\,I.\text{Cos.}\,w;\ \text{Cot.}\,i_1=\text{Cot.}\,I.\text{Cos.}\,w_1;\ \text{Cot.}\,i_2=\text{Cot.}\,I\,\text{Cos.}\,w_2$$

u. s. w., so hat man

1 Poggendorff's Annal. XXIII. 466.

2 Ebend. XXIV. 193.

3 S. *Inklinatorium.* Bd. V. S. 752.

Digitized by Google

$$\mathrm{Cot.}^2 i + \mathrm{Cot.}^2 i_1 + \mathrm{Cot.}^2 i_2 = \mathrm{Cot.}^2 I \Big[\mathrm{Cos.}^2 w + \mathrm{Cos.}^2 \left(w + \frac{360^\circ}{n}\right) + \mathrm{Cos.}^2 \left(w + \frac{2.360^\circ}{n}\right) \ldots + \mathrm{Cos.}^2 \left(w + \frac{(n-1).360^\circ}{n}\right)\Big]$$

Es ist aber

$$\mathrm{Cos.}^2 w + \mathrm{Cos.}^2 \left(w + \frac{360^\circ}{n}\right) + \mathrm{Cos.}^2 \left(w + \frac{2.360^\circ}{n}\right) \ldots \ldots + \mathrm{Cos.}^2 \left(w + \frac{(n-1).360^\circ}{n}\right) = \frac{n}{2},$$

und so wird ganz einfach

$$\mathrm{Cot.}^2 I = \frac{2}{n} (\mathrm{Cot.}^2 i + \mathrm{Cot.}^2 i_1 + \mathrm{Cot.}^2 i_2 + \mathrm{Cot.}^2 i_3 + \ldots\ldots).$$

Man sieht, daſs man hier nicht einmal das wahre magnetische Azimuth w zu kennen braucht. Da man jedoch I bereits kennt, so ergiebt sich dasselbe leicht aus den Formeln

$$\mathrm{Cos.}\, w = \frac{\mathrm{Cot.}\, i}{\mathrm{Cot.}\, I}; \ \mathrm{Cos.}\left(w + \frac{360^\circ}{n}\right) = \frac{\mathrm{Cot.}\, i_1}{\mathrm{Cot.}\, I}; \ \mathrm{Cos.}\left(w + \frac{2.360^\circ}{n}\right) = \frac{\mathrm{Cot.}\, i_2}{\mathrm{Cot.}\, I},$$

oder auch, wenn $\frac{(n-1).360^\circ}{n} = 90^\circ$ beträgt, so wird

$$\mathrm{Tang.}\, w = -\frac{\mathrm{Cot.}\, i_{n-1}}{\mathrm{Cot.}\, i}.$$

Nimmt man z. B. $\frac{360^\circ}{n} = 30^\circ$ an, so wird $\mathrm{Tang.}\, w = -\frac{\mathrm{Cot.}\, i_3}{\mathrm{Cot.}\, i}$, und dann läſst sich w aus je zwei Beobachtungen, deren Azimuth um 90° verschieden ist, bestimmen. Allgemein läſst sich auch die Lage des Meridians entweder durch eine parallel mit der Neigungsnadel angebrachte (z. B. eine auf die Achatlager passende) Abweichungsboussole, oder auch dadurch angeben, daſs man am Horizontalkreise die Grade und Minuten bemerkt, bei welchen die Neigungsnadel in zwei um 180° verschiedenen Stellungen des Instrumentes vertical steht und ihre Summe halbirt. Doch ist die Herleitung dieser Gröſse durch die eben angegebenen Formeln auf jeden Fall genauer, obgleich auch eine merkliche Ungewiſsheit in Bestimmung derselben auf die Mittelzahl der Reduction nur geringen Einfluſs hat, indem ihre Wirkung in den verschiedenen entgegengesetzten Azimuthen sich compensirt.

Um nach dieser Methode zu beobachten, setze man das Instrument in irgend einer Richtung fest und beobachte die

Digitized by Google

zugehörige Neigung i, drehe dann dasselbe um eine bestimmte Anzahl Grade (18 oder 20) zur Rechten und beobachte die Neigung i; ebendieses in der folgenden um 30° weiter zur Rechten liegenden Stellung. Man erhält auf diese Weise mit dem Intervall von 30° zwölf Beobachtungen, unter welchen je zwei diametral einander entgegenstehende sich befinden. Aus diesen wird das Mittel genommen, so daſs ihre Zahl auf sechs zu stehn kommt. Ein Beispiel, das wir aus der vorerwähnten Abhandlung von P. Riess entlehnen, wird dieses deutlicher machen.

Beobachtungen von Dove in Berlin, am 18. December 1831.

Azimuth	Neigung	Azimuth	Neigung	Mittel
45°	82°15′	225°	81°59′	$i = 82°\ 7'$
75	73 13	255	72 49,5	$i_1 = 73\ \ 1{,}2$
105	68 53	285	68 30	$i_2 = 68\ 41{,}5$
135	69 58	315	69 37	$i_3 = 69\ 47{,}5$
165	76 17,5	345	75 57	$i_4 = 76\ \ 7{,}2$
195	86 43	15	86 14,5	$i_5 = 86\ 28{,}7$.

Hiermit wird also $\frac{2}{n} = \frac{4}{6}$; die Summe der Quadrate der Cotangenten für die Winkel in der letzten Columne beträgt 0,46488; der 3te Theil hiervon $0{,}15493 = \text{Cot.}^2\,I$, woraus $I = 68°\ 30',9$.

Nachdem die Pole umgewendet worden waren, erhielt man folgende Angaben.

Azimuth	Neigung	Azimuth	Neigung	Mittel
45°	82°15′,5	225°	81°37′	$i = 81°56',2$
75	73 11	255	72 40	$i_1 = 72\ 55{,}5$
105	68 47	285	68 31	$i_2 = 68\ 39$
135	69 52,5	315	69 28	$i_3 = 69\ 40{,}2$
165	76 3	345	75 48,5	$i_4 = 75\ 55{,}7$
195	86 28,5	15	86 13,5	$i_5 = 86\ 21$

Die Quadrate der Cotangenten von i, i_1, i_2 u. s. w. betragen zusammen 0,47138, dessen Drittheil = 0,15713 ist; das Quadrat der Cotangente von $I' = 68°\ 22',6$. Das Mittel aus beiden Bestimmungen ist 68° 26′,75. Der Werth von w ergiebt sich aus mehrern Bestimmungen zu 69° 12′, statt 45°,

wie angenommen wurde, so daſs also das Instrument um 24° 12′ vom magnetischen Meridiane abwich. Man kann diesen Werth von w dadurch prüfen, daſs man aus demselben mit der gefundenen wahren Neigung die scheinbaren Neigungen berechnet, nach der Formel Cot. i = Cot. I Cos. w, und diese mit den Beobachtungen vergleicht, wodurch man zugleich einen Maſsstab für die Genauigkeit der Beobachtungen selbst erhält.

Wir haben bisher vorausgesetzt, daſs die Neigungsnadel vor und nach dem Umkehren der Pole gleich stark, d. h. im Maximum magnetisirt worden sey. Sollten Zweifel hierüber obwalten, so darf man nur die im Meridiane gemachten Beobachtungen nach der Mayer'schen Formel[1] berechnen, da dann ihre Uebereinstimmung mit dem sonst erhaltenen Resultate jede weitere Sonderung der Beobachtungen überflüssig macht. Noch besser überzeugt man sich hiervon durch die Erfahrung, indem man die Zeiten vergleicht, in welchen die Nadel vor und nach dem Umkehren der Pole eine gegebene Zahl von Schwingungen, von gleichen Amplitüden ausgehend, vollendet. Kupffer giebt für diesen Fall eine Formel, die eine wesentliche Vervollständigung unserer Berechnungsmethoden ausmacht. Seit Mayer's Untersuchung wird nämlich mit zweierlei Neigungsnadeln beobachtet: entweder mit einer möglichst abgeglichnen Nadel, deren vier Resultate (zwei vor und zwei nach dem Umkehren der Pole) nicht viel über einen Grad aus einander gehn, oder mit einer solchen, bei welcher (eben wegen der Schwierigkeit einer vollständigen Abgleichung) in einer Linie, die senkrecht auf die Länge der Nadel geht, eine kleine Ueberlast (ein Schräubchen oder ein Tropfen Siegellack) angebracht worden ist. Bei dieser letztern Art von Nadel findet die Mayer'sche Formel ganz eigentlich ihre Anwendung. Ist es aber dem Künstler geglückt, seine Nadel nach Länge und Breite sehr genau abzugleichen (was keineswegs unter die unmöglichen Dinge gehört), so kann man sich der *Borda'schen* Methode bedienen, welche darin besteht, aus jenen vier Angaben das arithmetische Mittel zu nehmen. Dieses ist aber nur insofern zulässig, als man voraussetzen darf, daſs die magnetische Kraft der Nadel vor und nach dem Umkehren der Pole

1 S. oben Bd. V. S. 749.

gleich groſs gewesen sey. Die Beobachtungen dann, zumal nach der Mayer'schen Formel, berechnen wollen würde zu einem höchst unsichern Resultate führen. Denn wenn wir nach der frühern Bezeichnung die zwei ersten Beobachtungen (*face East* und *face West*) durch F und f, die zwei nach dem Umkehren der Pole durch G und g ausdrücken und die Summe der Cotangenten von F und f = M, ihre Differenz = m, ebenso die Summe der Cotangenten von G und g = N, ihre Differenz = n setzen, so ist nach Mayer

$$2.\mathrm{Cot.}\,I = \frac{m.N + n.M}{m + n}.$$

In diesem Fall sind F und f und ebenso G und g wenig von einander verschieden, m und n und die damit verbundenen Gröſsen werden sehr klein und hiermit der Werth von 2.Cot.I unbestimmt. Bezeichnet nun T die Zahl von Secunden, in welcher die Neigungsnadel eine bestimmte Menge von Schwingungen in der einen Lage des Instruments (z. B. *face East*), T' diejenige in der andern Lage (*face West*) *vor* dem Umkehren der Pole vollendet, t und t' die nämlichen Dinge *nach* demselben, so hat man nach Kupffer[1]

$$\frac{T^2 + T'^2}{\mathrm{Cos.}\,F + \mathrm{Cos.}\,f} = A;\quad \frac{1}{\mathrm{Cot.}\,F + \mathrm{cot.}\,f} = C$$

$$\frac{t^2 + t'^2}{\mathrm{Cos.}\,G + \mathrm{Cos.}\,g} = B;\quad \frac{1}{\mathrm{Cot.}\,G + \mathrm{Cot.}\,g} = D$$

$$\tfrac{1}{2}\,\mathrm{Tang.}\,I = \frac{AD + BC}{A + B}.$$

Hat man, was genügen mag, nur T und t beobachtet, so läſst sich die Formel noch für den Gebrauch von Logarithmen bequemer machen, nämlich

$$\frac{T^2}{\mathrm{Cos.}\left(\frac{F+f}{2}\right)} = A;\quad \frac{\mathrm{Sin.}\,F\,.\,\mathrm{Sin.}\,f}{\mathrm{Sin.}\,(F+f)} = C$$

$$\frac{t^2}{\mathrm{Sin.}\left(\frac{G+g}{2}\right)} = B;\quad \frac{\mathrm{Sin.}\,C\,.\,\mathrm{Sin.}\,g}{\mathrm{Sin.}\,(G+g)} = D$$

$$\tfrac{1}{2}\,\mathrm{Tang.}\,I = \frac{AD + BC}{A + B}.$$

---

1 S. d. Abhandlung in Novi Comment. Acad. Sc. Petropol. T. XIV. und Poggendorff's Ann. XXIII. 483.

Digitized by Google

Als Beispiel diene hier eine Beobachtung von Kupfer vom 24. Febr. 1831. Die Nadel machte vor der Umkehrung der Pole 50 Oscillationen, von einer Elongation von 10° auf jeder Seite angefangen, in 127 Sec. und zeigte $F = 71^\circ\ 21',5$, $f = 71^\circ\ 47',5$. Nach Umkehrung der Pole (welche absichtlich mit schwächern Magneten bewerkstelligt wurde) machte sie dieselbe Anzahl von Schwingungen in 156 Sec. und zeigte $G = 70^\circ\ 29'$ und $g = 71^\circ\ 9',5$. Man erhielt hieraus durch Rechnung $I = 71^\circ\ 16',5$; das arithmetische Mittel gab $= 71^\circ\ 11',9$. Als man nachher die Nadel mit den umgekehrten Polen ebenso kräftig magnetisirte, wie sie in der ersten Beobachtungsreihe gewesen war, d. h. so, daſs sie 50 Schwingungen ebenfalls in 127 Sec. machte, gab sie eine Neigung von 70° 58′,4 im Mittel aus beiden Stellungen, welches mit dem Mittel der beiden ersten Beobachtungen 71° 34′,5 combinirt gerade 71° 16′,4 giebt.

Aus dem Bisherigen ergiebt sich, daſs eine genaue abgeglichene Nadel das bequemste Werkzeug für die Messung der Inclination ist, indem man nicht nur im Meridiane die Resultate nach der Borda'schen Methode ohne alle Rechnung erhält, sondern dieselben auch durch Beobachtungen auſserhalb des Meridians so zu sagen ins Unendliche vermehren kann. Daſs es möglich sey, solche Nadeln zu verfertigen, beweisen nebst den Beobachtungen von Kupfer[1] unter andern auch diejenigen von Barlow mit einem Inclinatorium von T. und W. Gilbert, bei welchem in vierzig Angaben nur eine um 14, die übrigen meist nur um 4 und 6 Min. vom Mittel abwichen. Doch giebt es zuweilen Nadeln (z. B. die von Gambey verfertigte Nadel A in Kupfer's Inclinatorium), die immer um ein Paar Minuten von der Wahrheit abweichen, was vermuthlich einer Ungleichförmigkeit des Stahls zuzuschreiben ist. Von groſsem Einfluſs ist auch die zuweilen etwas elliptische Gestalt der Zapfen, auf welchen die Nadel spielt. Zur Prüfung derselben muſs nach Hansteen die Nadel so eingerichtet seyn, daſs man der Axe eine Drehung von 90° in derselben geben kann. Wo dieses nicht angeht, bringe man nach Kupfer in der Breitenrichtung der Nadel einen Tropfen Sie-

1 Poggendorff's Ann. XXIII. 449. und N. Comm. Petrop. T. XIV.

gellack an, beobachte nach der Mayer'schen Methode und vermindere dann den Tropfen so lange, bis die Indicationen der Nadel um 90° von den vorigen abweichen. Die Verschiedenheit der Resultate giebt den Fehler der Axe zu erkennen.

Ist eine Nadel so wenig genau abgeglichen, daſs ihre vier Angaben nicht innerhalb der Grenzen von ein Paar Graden bleiben, so ist es besser, in der Richtung, die senkrecht auf ihre Länge ist, ein kleines Schräubchen oder auch nur einen fest anklebenden Tropfen Siegellack anzubringen und dann alle Beobachtungen nach der Mayer'schen Methode zu berechnen. Man kann dann auch durch mehrere Beobachtungen nach Schmidt's[1] Vorschlage den Winkel η, welcher vom Centrum der Nadel aus die Richtung des Schwerpuncts mit ihrer Länge macht, bestimmen, wodurch man wenigstens für denselben Beobachtungsort der Umkehrung der Pole überhoben wird.

Die bereits[2] angeführte Methode, durch die Zeiten, in welchen die Nadel in zwei oder drei auf einander senkrechten Ebenen eine gewisse Zahl von Schwingungen vollendet, die magnetische Neigung zu finden, hat, da sie bis dahin mehr für eine theoretische Idee galt, in neuerer Zeit durch Quetelet eine praktische Benutzung erhalten[3]. Es ist nämlich, wenn m die Schwingungszeit der Nadel in der Ebene des magnetischen Meridians, p diejenige in der Richtung von Ost und West, und h die Zeit einer gleichen Anzahl horizontaler Schwingungen bezeichnet,

$$\frac{m^2}{p^2} = \text{Sin.I}, \quad \frac{m^2}{h^2} = \text{Cos. I} \text{ und } \frac{h^2}{p^2} = \text{Tang. I.}$$

Die erstere dieser Formeln eignet sich für geringe, die zweite für die stärkern magnetischen Neigungen, die dritte ist in allen Breiten brauchbar. Die Schwingungszeiten müssen aber mit groſser Genauigkeit gemessen werden, die Uhr muſs also während der Beobachtungen einen völlig gleichförmigen Gang halten, die Zahl der Schwünge darf nicht zu klein und ihre

---

1 G. LXIII. 1. Vergl. oben Bd. V. S. 751.

2 S. Bd. V. S. 754.

3 Bibl. Univ. Vol. XLVII. p. 225. Eine noch frühere Anwendung machte Rümker auf seiner Reise nach Paramatta. S. Schumacher's astron. Nachr.

Amplitüde nicht sehr groſs, überhaupt nicht von ungleicher Ausdehnung seyn. Von der Genauigkeit dieser Methode zeugen folgende Beobachtungen von Quetelet im Dec. 1830.

Dauer von 10 Schwingungen.			
Horizontal.	Im Merid.	Horiz. Intensität.	Neigung
43″,40	25″,85	0,3548	69° 13′,3
43,46	25,83	0,3532	„ 18,2
42,53	25,25	0,3525	„ 21,7
41,83	24,93	0,3552	„ 11,7
43,55	25,96	0,3553	„ 11,2
41,90	24,72	0,3481	„ 36,4
41,50	24,75	0,3556	„ 10,0
41,46	24,58	0,3515	„ 25,3
41,48	24,52	0,3494	„ 32,8
	Mittel	0,3528	69° 20′,0.

Man kann sich den Apparat zu diesen Versuchen ziemlich einfach anfertigen. Ein viereckiger Rahmen von Holz, etwa 6 Zoll in Kanten, dessen Wände 2 Zoll breit und ein Paar Linien dick sind, enthält das messingne Gestell mit den Achaten, auf welchen die Axe einer fünfzolligen Nadel spielt, nebst der früher beschriebnen Auslösung. Dieser Rahmen ist durch zwei quadratische starke Glastafeln verschlossen und wird auf ein längliches Bretchen gesetzt, das mit drei Stellschrauben nivellirt werden kann. So dient es für die Schwingungen der Nadel in verticaler Stellung. Will man die horizontalen Schwingungen beobachten, so legt man den Rahmen so auf dem Bretchen um, daſs die Glastafeln horizontal liegen, und schraubt in die eine derselben, die nahe in der Mitte durchbohrt und mit einem messingnen Gewinde versehn ist, die Glasröhre ein, welche den Seidenfaden enthält. Das untere Ende dieses letztern ist an einer kleinen Hülse befestigt, welche entweder auf die Queraxe der Nadel aufgesteckt oder, wenn die Axe herausgenommen werden kann, statt ihrer in die Nadel eingesteckt wird. Daſs der Seidenfaden die Achatlager nicht berühren darf, mithin das Loch in der Glastafel etwas oberhalb ihrer Mitte sich befinden muſs, wird jeder einsichtige Künstler sogleich bemerken.

Die Beobachtung der stündlichen Aenderung der Neigung erfordert jedenfalls Vorrichtungen, die in einem gröſsern Maſs-

Digitized by Google

ſtabe ausgeführt ſind, als die gewöhnlichen Inclinatorien. Kupfer erwähnt eines ſolchen Inſtruments, das er nach ſeiner Idee durch Gambey ausführen lieſs und von dem er eine vollſtändige Beſchreibung ſpäter zu geben verſpricht. Er bemerkt nur, daſs die Nadel auf der Schärfe eines dreiſeitigen Priſma's ruhe und an ihren Enden zwei der Länge nach ausgeſpannte Fäden trage, auf welche durch zwei umwandelbar befeſtigte Mikroſkope viſirt wird. Die einfachſte Vorrichtung möchte wohl folgende ſeyn. Auf einem ſteinernen Poſta-
Fig. mente oder einer ſoliden, wohlgelegnen Fenſterbank wird eine
198. meſſingne Säule aufgepflanzt, welche durch Stellſchrauben vertical geſtellt werden kann. An dieſer iſt das durchbrochne Lineal AB befeſtigt, das an ſeinem Ende die Mikroſkope A und B trägt; es kann zu gröſserer Solidität bei A mit dem Fuſsſtück des Inſtruments in Verbindung geſetzt werden. Hinter dieſem Lineal entweder an der nämlichen Säule aufgehängt oder auf einem beſondern Geſtelle ruhend befindet ſich das Käſtchen mit der Nadel. Eine an der Säule angebrachte Libelle ſichert ihren unveränderten Stand, ſo wie es bei der Abweichungsbouſſole das Verſicherungsfernrohr thut.

d) *Intenſitätsmeſſungen.*

Daſs die magnetiſche Kraft der Erde durch die Schwingungszeiten einer Magnetnadel ſich meſſen laſſe, war den fleiſsigen Forſchern vom Anfang des vorigen Jahrhunderts, Whiston, Graham und Musschenbroek[1], keineswegs unbekannt geblieben. Sie ſcheinen dazu durch die Oſcillationen des Inclinatoriums veranlaſst worden zu ſeyn, denn von Schwingungen der horizontalen Nadel iſt bei ihnen keine Rede; ſie vermieden es, ſich damit zu beſchäftigen, weil die Nadel in dieſer Lage nur von einem Theile des Erdmagnetismus ſollicitirt wird. Einzig Musschenbroek hat mit der Abweichungsnadel einige Verſuche angeſtellt, um daraus über den Einfluſs, welchen die Länge und Maſſe der Nadel auf die dirigirende Kraft hat, einige Beſtimmungen abzuleiten[2]. Dieſe Idee ſcheint auch noch bis auf die neuern Zeiten vorgewaltet zu haben; denn die erſten Beobachtungen, welche zur Beſtimmung der magnetiſchen Intenſität an verſchiednen

---

1 Philos. Trans. N. 389. und Muſschenbroek Diſs. p. 207.
2 A. a. O. p. 239.

Orten der Erde gemacht worden sind, nämlich diejenigen, welche Rossel in der Expedition von Dentre Casteaux, vermuthlich auf Borda's Betreiben, anstellte, beziehn sich, so wie die frühern von Humboldt, vornehmlich auf die Neigungsnadel. Die bedeutende Reibung, welcher diese letztere ausgesetzt ist, macht sie jedoch zu diesem Versuche weniger tauglich, und die horizontale Nadel ersetzt durch die lange Dauer ihrer Bewegung und die gröſsere Gleichförmigkeit ihrer Schwingungszeiten reichlich dasjenige, was ihr an directem Einfluſs der magnetischen Kraft abgeht. Bei jener ist man, um nur eine mäſsige Zahl von Schwingungen zusammennehmen zu können, genöthigt, mit groſsen Elongationen anzufangen, deren Reduction auf unendlich kleine Schwingungsbogen bedeutend und auch für Beobachtung und Rechnung mühsam wird. So fand schon Graham im J. 1723, daſs die 50 ersten Schwingungen seiner 12 Zoll langen Inclinationsnadel 174, die 50 letzten nur 150 Sec. erforderten, obgleich er erst mit einem Elongationswinkel von 10° anfing. Dagegen gestattet die Aufhängung der Nadel an einem feinen Seidenfaden, selbst von der Elongation von 10° an, noch einige hundert Beobachtungen, ehe die Nadel zur Ruhe kommt, und die Reduction für Schwingungsweiten, die diese Grenze nicht übersteigen, beträgt noch kein Hunderttheil einer Schwingungszeit.

Die in neuerer Zeit gemachten Vorschläge zur Anstellung der Intensitätsversuche beziehn sich auch sämmtlich auf die Schwingungen der horizontalen Nadel. Hansteen, der sich um die Beförderung dieser Beobachtungen ein vorzügliches Verdienst erworben hat, war vornehmlich darauf bedacht, den Apparat so einzurichten, daſs er bei einem sehr geringen Raume dennoch eine hinreichende Genauigkeit darböte. Zu dieser Reduction muſste auch die Ueberzeugung leiten, daſs kleinere Nadeln sich leichter im gehörigen Maſse härten lassen, als gröſsere, was für die Beibehaltung eines unveränderlichen Magnetismus wesentlich ist. Hansteen's[1] Vorrichtung besteht in einem Kästchen von Mahagoniholz von 5,5 par. Zoll Länge, Fig. 199
4,75 Z. Breite und 2 Z. Höhe. Die beiden Seidenwände A F und D K sind durchbrochen und enthalten ein Glasfenster zur

1 Poggendorff's Ann. III. 228.

Digitized by Google

Erhellung des Kästchens. Oben sind sie mit einer Nute verſehn, in welche die drei Theile des Deckels sich einschieben lassen. Die beiden äuſsern O und N haben eine Scheibe von Spiegelglas; das mittlere Stück P ist im Centrum durchbohrt, um einen Ring von Messing oder Buchsbaum aufzunehmen, in welchen die Glasröhre für den Faden eingeschraubt wird. Man giebt dieser eine solche Länge, daſs sie entweder ganz oder aus zwei Stücken bestehend sich in dem Kasten verwahren läſst. Zur horizontalen Stellung des letztern dienen drei Fuſsschrauben, und die Nivellirung wird nicht durch eine Libelle, sondern so berichtigt, daſs die gegenüberstehenden Enden der Nadel auf die im Boden des Kästchens auf weiſsem Papier gezogenen Kreise und correspondirenden Theilstriche genau einspielen.

Die Nadeln, welche Hansteen anwandte, waren glasharte Cylinder von englischem Stahl, 34 par. Linien lang, mit flach abgeschnittenen Enden; ein solcher wurde in eine messingne Hülse geschoben, in deren obern Theil ein Haken von dünnem Messingdraht eingriff; statt der Hülse kann auch ein genau umschlieſsender Draht dienen. Der Seidenfaden geht im Deckel der Röhre durch eine feine Oeffnung und von da bis zum kleinen Cylinder a b, um welchen er geschlungen und durch Umdrehung des Cylinders um seine Axe auf- oder abgewunden wird. Die Oeffnung muſs glatt ausgerieben seyn und keine scharfen Kanten darbieten, die sonst den Faden zerschneiden würden. Durch Drehung der kleinen Rolle b regulirt man die Höhe der Nadel im Kästchen dergestalt, daſs sie vom Deckel und Boden gleichweit entfernt ist, indem eine zu groſse Nähe am Boden durch die Reibung der Luft die Schwingungen hindern würde.

Da es zumal für reisende Beobachter wesentlich ist, im Freien die Versuche anzustellen, so bedarf man eines Stativs, um Kästchen sowohl als auch Uhr ablegen zu können. Hierzu genügt jeder etwas solide und nicht zu sehr gegen die Horizontalfläche geneigte Tisch; bequemer ist es jedoch, ein für diesen Zweck geeignetes Stativ in Anwendung zu bringen. Ein solches läſst sich bekanntlich auch für den Transport leicht bequem herstellen, wenn man den zur Unterstützung dienenden Dreifuſs so einrichtet, daſs er sich zu einem Stocke zusammenlegen läſst. Da ferner das eigentliche Tischchen, das

Menselbret, nicht eben groſs seyn muſs, so kann dieses auf dem Stiele einer Kugel befestigt werden, die in dem Kopf des Stativs nach allen Richtungen drehbar eingelassen ist, um vermittelst geeigneter Schrauben das Bretchen selbst horizontal zu richten und der Stellschrauben am Kästchen des magnetischen Apparats überhoben zu seyn. Eine Hauptsache hierbei ist, hinlängliche Leichtigkeit, des bequemeren Transportes wegen, mit der gehörigen Festigkeit zu vereinigen, damit nicht die schwingende Nadel durch Schwankungen des Stativs gestört werde; auch versteht sich von selbst, daſs die Anwesenheit von Eisen oder Stahl sorgfältig zu vermeiden sey.

Es ist bereits bei den Instrumenten für die magnetische Abweichung der vorzüglichen, bei Beobachtungen dieser Art unerwarteten Genauigkeit erwähnt worden, welche Gauss durch die Vergröſserung der Nadeln an Länge und Masse zuwege gebracht hat; derselbe Vortheil findet auch bei den Schwingungen statt. Schwere Nadeln sind schon durch ihr Gewichtsverhältniſs besser vermögend, den Widerstand der Luft zu überwältigen, und ihre überwiegend gröſsere magnetische Kraft giebt ihnen auch das Vermögen, kleine Widerstände, wie diejenigen, die von der Drehung des Fadens, von Luftströmungen, unbemerkten Erschütterungen u. dgl. herrühren, besser zu überwinden. Der Physiker also, der die magnetische Intensität seines Wohnortes und etwa die monatlichen, täglichen und stündlichen Aenderungen derselben bestimmen will, wird vorzugsweise sich gewichtigerer Nadeln bedienen. Für reisende Beobachter hingegen möchten solche Nadeln genügen, deren Gewicht die Tragkraft eines einfachen Seidenfadens nicht völlig erreicht (von 1 bis 2 Loth); sie können also unbedenklich sieben- bis achtmal schwerer seyn, als die Hansteen'schen, die kaum 3 bis 4 Grammen wogen, auch ist es der gröſsern Oberfläche und des stärkern Magnetismus wegen rathsam, ihnen nicht cylindrische Form, sondern diejenige eines Parallelepipedums zu geben. Ueber ihre anderweitige Beschaffenheit ist bereits an verschiedenen Stellen dieses Artikels das Nöthige gesagt worden. Nur eins bringen wir als unerläſslich in Erinnerung: groſse Härte, vollständige Magnetisirung durch den Doppelstrich, überhaupt dauerhafte möglichst ungeschwächte magnetische Kraft. Dazu wird ohne

Digitized by Google

Zweifel erfordert, daſs die Nadel, ehe man ihre Kraft bestimmt, einmal in eine Temperatur gebracht werde, welche diejenige, welcher sie sonst ausgesetzt seyn könnte, bedeutend übertrifft; doch soll diese weit von dem Puncte entfernt seyn, der irgend eine Abnahme der Härtung herbeiführen könnte. Am besten ist es, aus mehrern Nadeln diejenige zu wählen, welche durch eine Erfahrung von mehrern Jahren die Unveränderlichkeit ihres Magnetismus bewährt hat. Hansteen's berühmter Cylinder von Dollond ist in dieser Beziehung schon mehrmals erwähnt worden.

Bei den Beobachtungen selbst hat man sich bisher an die auch von Hansteen empfohlene Methode gehalten, nämlich die Schwingungen von ihrer östlichen oder westlichen Elongation an zu zählen. Dieses hat jedoch zweierlei Nachtheile: erstlich muſs das Auge die Gesichtslinie, die zur Vermeidung von Parallaxe stets senkrecht auf das Kästchen gerichtet seyn muſs, mit der Abnahme der Schwingungsweiten beständig versetzen; zweitens tritt beim Umkehren der Oscillation jedesmal ein momentanes Stillstehn der Nadel ein, das besonders bei kleinen Schwingungen von den unmerklichen Bewegungen der Nadel sich nicht sattsam unterscheidet, wodurch das zu bestimmende Zeitmoment sehr unsicher wird. Ungleich vorzüglicher ist daher der von Gauss gemachte Vorschlag, das anzugebende Zeitmoment auf diejenige Lage der Nadel zu fixiren, wenn dieselbe eben den Meridian durchzieht. Nicht nur ist da die Bewegung am gröſsten, also auch bei kleinen Schwingungen noch lebhafter, als in den Elongationen, nicht nur kann das Auge des Beobachters seinen unverrückten Stand beibehalten, sondern er erhält noch den Vortheil, welcher den Astronomen bei Beobachtungen am Passageninstrumente so sehr zu statten kommt, nämlich der, die Zeit durch den Raum zu messen und zu theilen. Vergleicht nämlich das Auge die Abstände, in welchen die Nadel in zwei auf einander folgenden Secundenschlägen zur Linken und zur Rechten vom Meridiane sich befindet, so giebt die relative Gröſse dieser Bogen, nach Zehntheilen des Ganzen ausgedrückt, die schärfste Abtheilung der Zeitsecunde an die Hand und man wird in ungleich kürzerer Zeit und mit vielen kleinern Schwingungsbogen die gesuchte Genauigkeit, mit welcher eine Schwingungszeit bestimmt werden soll, erreicht haben.

Digitized by Google

Ein weſentlicher Theil dieſer Genauigkeit liegt ferner in der Richtigkeit der Zeitangabe ſelbst. Nicht nur müſſen die Schwingungszeiten in richtiger mittlerer Sonnen- oder Sternzeit angegeben werden, ſondern man muſs auch im Stande ſeyn, die Grenze jeder Secunde ſcharf zu beſtimmen. Wer daher ſolche Beobachtungen anſtellen will, muſs entweder mit einem vorzüglichen Chronometer oder einer guten Pendeluhr verſehn ſeyn; er muſs ihren Gang durch aſtronomiſche Beobachtungen beſtimmen und die Uhr, nach welcher er zählt, muſs nicht, wie ſo viele Chronometer thun, Bruchtheile von Schlägen auf die Secunde, z. B. 5, 7 oder 9 Schläge auf 2 Sec., machen. Man hat ſchon ſeine Noth, wenn ſie nur eine ungerade Zahl von Schlägen, 3, 5 oder 7 in der Secunde, macht. Von einem Gehülſen die Secunden ſich zählen zu laſſen hieſse die ganze Genauigkeit zum voraus aufgeben, die man zu erreichen ſtrebt. Hansteen zeigt zwar, wie man auch mit den Chronometern durch Abzählung der Schläge die erforderliche Genauigkeit erreichen könne; allein das Verfahren iſt immer ſehr ſchwierig und das Bequemſte iſt ein guter Secundenzähler[1], den man vor und nach der Beobachtung mit einer gut organiſirten Pendeluhr oder einem vorzüglichen Chronometer vergleicht. Reiſenden, welche dieſe Hülſsmittel nicht mitführen können, möchten wir rathen, wenigſtens ein Halbſecundenpendel von ſolider, unveränderlicher Conſtruction mit einem leichten Zählerwerk, das nur 60 Minuten nebſt den Secunden anzeigt, mitzunehmen. In Europa könnten ſie dieſes Werk auf jeder Sternwarte vergleichen und bei bekannter Abplattung der Erde und der thermometriſchen Ausdehnung dieſes invariabeln Pendels könnte man auch für jede Stelle der Erde ſeinen Gang mit genügender Sicherheit ausmitteln und darnach die Beobachtungen corrigiren.

Bei den Beobachtungen ſelbſt befolgt man am beſten das von Hansteen angewieſene Verfahren. Man ſuche zuerſt die Zeit einer Schwingung inne zu werden; ſodann bemerke man den Moment, wo die Nadelſpitze von der Linken zur Rechten durch den Meridian fliegt, zähle dabei Null und no-

1 Der ausgezeichnete Mechanicus Butzengeiger in Tübingen verfertigt tragbare Zähler mit Unruhe, in Geſtalt von *Box Chronometern*, die in einzelnen Secunden ſchwingen und einen ſehr lauten Schlag haben.

tire augenblicklich und nothdürftig die beobachtete Secunde und Zehntel. Man wird hierzu so eben Zeit haben, um die Nadel noch zu verfolgen; wenn sie zum zweitenmal von der Linken zur Rechten durch den Meridian geht, dann zähle man zwei. Man lasse sie nun zurückkehren und erwarte den Augenblick, wo sie wieder von der Linken herkommend im Meridian erscheint, dann zähle man vier. So fahre man fort mit sechs und acht. So wie man acht ausgesprochen hat, sehe man schnell nach der Uhr und zähle nach Schätzung in Gedanken fort, bis der zehnte Durchflug der Nadel von der Linken zur Rechten statt gefunden hat, und bestimme, so scharf man kann, diesen Moment nach Secunden und Zehntheilen. Die erste Beobachtung hiervon abgezogen giebt die Dauer von 10 Schwingungen mit ziemlicher Genauigkeit. Jetzt erst beginne man die eigentliche Beobachtungsreihe und warte so lange, daſs man den Anfang der Zählung auf den Anfang einer Minute, d. h. auf die Secunden 1, 2, 3 legen kann. Es ist nicht schwer, zu so kleinen Zahlen das gefundene Intervall von zehn Schwingungen zu addiren, um die Secunde zum voraus zu wissen, in welcher die zehnte Schwingung erfolgt, deren Moment man auſs Genaueste notirt. Man kann dann zwischenein durch successives Addiren des Intervalles sich eine kleine Tafel construiren, in welcher die Secunden bemerkt sind, da man acht zu geben hat. Zwischenein versäume man es nicht, auch auf die Schwingungsweite sein Augenmerk zu richten und die Grade derselben nebst der Zeit zu notiren.

Digitized by Google

Man kann diese Beobachtungen auf folgende Weise aufzeichnen.

Stahlcylinder No. 4. 24. Nov. 1831. Vorm. um 9 Uhr. Th. 10°,5 R.

No.	E	O	Diff.	E	100	Diff.	E	200	Diff.	E	300	Diff.
0	15°	9″,0			11″,7			14″,3		5°,5	16″,0	
10		39,7	30,7		42,0	30,3		44,7	30,4		46,3	30,3
20	14	10,2	30,5	10°	11,0	30,0	7°	14,5	29,8	5°	16,5	30,2
30		40,3	30,1		42,0	30,0		44,3	29,8		46,7	30,2
40		10,7	30,4		12,3	30,3		14,7	30,4		16,8	30,1
50	13	40,8	30,1	9	42,7	30,4		45,0	30,3		47,0	30,2
60		11,0	30,2		13,2	30,5		15,4	30,4		17,2	30,2
70		41,2	30,3	8	43,5	30,3	6°	45,6	30,2	4°	47,3	30,1
80	11	11,3	30,1		13,8	30,3		16,0	30,4		17,6	30,3
90		41,2	29,9		44,0	30,2		46,2	30,2		47,8	30,2
			30,5			30,3			29,8		18,1	30,3
100 Schw.	...	. .	302,7	. .	. . .	302,6	. .	. . .	301,7	. .	. . .	302,1

Die ganze Dauer der Beobachtungen betrug 20 Minuten. Inzwischen hatte der Zähler gegen eine Sideraluhr, die in 24 Stunden 0",6 voreilte, 4 Sec. während 34 Min. verloren; dieses giebt für eine Min. 0",48 und für 303 Sec. die Correction + 0",596; für die Reduction der Sternzeit auf mittlere Sonnenzeit hat man — 0",82. Auſser diesen Verbesserungen hat man noch diejenigen für Drehung des Fadens, für die Reduction auf unendlich kleine Schwingungen und auf die Normaltemperatur bei den Beobachtungen anzubringen[1].

Durch die erste dieser Einwirkungen, den Widerstand, den die Steifheit des Fadens der Drehung entgegensetzt, wird die Geschwindigkeit der Nadel vermehrt, also die Schwingungszeit vermindert. Die leichteste Art, die hiervon abhängige Correction zu finden, ist nach Hansteen diejenige, in dem Apparate an dem nämlichen Faden statt des magnetischen Cylinders einen Messingcylinder von gleicher Länge und Gewicht aufzuhängen und die Zeit von 10 oder 100 Schwingungen zu beobachten, welche dieser allein mittelst der Torsionskraft ausübt[2]. Durch Vergleichung der Schwingungszeit des magnetischen und des Messingcylinders findet man den Verhältniſsexponenten zwischen dem Momente der Torsion und des Magnetismus. Setzt man diesen = b (das Moment des Magnetismus als Einheit betrachtet) und die beobachtete Zeit von n Schwingungen der Magnetnadel mit Torsion = T', ohne Torsion = T, so ist $T = T' (1 + \frac{1}{2} b)$. Offenbar ist b im geraden Verhältnisse der Steifheit des Fadens und im umgekehrten seiner Länge und des horizontalen Theils der magnetischen Kraft, die am Orte der Beobachtung statt findet. Für denselben Faden kann man also, wenn b für einen gewissen Werth von T' gefunden ist, eine Tafel der Correctionen anderer Werthe von T' von 10 zu 10 Sec. berechnen. Sobald jedoch ein neuer Faden in den Apparat eingesetzt wird, muſs die Probe mit dem Messingcylinder wiederholt werden. Für einen einzelnen Seidenfaden bei geringer Belastung ist die

---

1 Hansteen räth an, die Differenzen für Intervalle von 100 Schwingungen, also zwischen 0 zu 100, zwischen 10 und 110 u. s. w. zu nehmen. Unsere Methode giebt die Fehler der einzelnen Beobachtungen besser zu erkennen.

2 Schumacher astron. Nachr. IX. 304.

Correction zwar gering, aber bei genauen Bestimmungen keineswegs zu vernachlässigen. Hansteen fand in Christiania aus Versuchen mit drei verschiedenen Fäden, einem zweifachen, einem dreifachen und einem zwanzigfachen, die Werthe von b = 0,0000428; 0,0001006 und 0,0023470; diese geben für T′ = 816 Sec. (der Zeit von 300 Schwingungen) die Correctionen 0,02; 0,04 und 0,90 Sec. Man sieht, daſs die Steifheit in einem stärkern Verhältniſs, als demjenigen der Zahl von Fäden zunimmt, was vielleicht auch dem Umstande zuzuschreiben ist, das Hansteen seine Fäden zusammengeklebt hatte, wo die Steifheit der klebenden Substanz selbst zu derjenigen der Fäden hinzukommt, was überdem der Feuchtigkeit und Temperatur der Luft einen bedeutenden Einfluſs auf den Werth von b einräumt. Für einfache Fäden ist bei 100 Schwingungen die Correction als verschwindend zu betrachten. Ungleich bedeutender ist die *Reduction auf unendlich kleine Schwingungen*, besonders wenn man mit leichten und schwachen Cylindern beobachtet und das Zeitmoment am Ende einer Schwingung und nicht in ihrer Mitte bestimmt. Das frühe Aufhören einer merkbaren Bewegung nöthigt alsdann den Beobachter, bei allzugroſsen Elongationen anzufangen, und da die Differenz der Schwingungszeiten am Anfang und am Ende des Versuchs dem Quadrate der anfänglichen Elongation proportional ist, so muſs die hierauf bezügliche Correction allerdings bedeutend werden. Besonders war dieses der Fall bei den frühern Intensitätsbeobachtungen, zu welchen nur die Schwingungen der Inclinationsnadel benutzt wurden. So setzte Musschenbroek seine 4 Fuſs lange Nadel in einer Elongation von nur 5 Graden in Bewegung, dennoch fanden die ersten 10 Schwingungen in 212 Sec., die 10 folgenden in 192 und die 10 spätern in 174 Sec. statt. Aehnliche Unterschiede bis auf 30 Sec. geben auch die kürzern Nadeln und ebendieses widerfuhr auch Graham bei seinen Schwingungsversuchen. Selbst bei Hansteen's horizontalen Schwingungen ergab sich ein Unterschied von 2½ Sec. in der Dauer von 150 Schwingungen, wenn bei einer Elongation von 30 Graden angefangen wurde, da hingegen die genauere Methode von Gauss es gestattete, mit Ausweichungen von 1° oder selbst nur 30 Min. die Schwingungen zu beginnen, so daſs der Widerstand der Luft bei der groſsen Schwere der Nadeln eine nur

unmerkliche Schwächung der Schwingungsbogen hervorbrachte.

Nach der Theorie des Pendels ist, wenn t' die Zeit einer Schwingung durch den Bogen 2 e (e = Elongationswinkel), t diejenige einer unendlich kleinen Schwingung bezeichnet,

$$t' = t\left[1 + \left(\frac{1}{2}\right)^2 . \mathrm{Sin.}^2 \frac{e}{2} + \left(\frac{1.3}{2.4}\right)^2 . \mathrm{Sin.}^4 \frac{e}{2} + \left(\frac{1.3.5}{2.4.6}\right)^2 . \mathrm{Sin.}^6 \frac{e}{2} + \ldots\right].$$

Man hätte demzufolge bei jeder Schwingung auch ihre Elongation anzugeben und nach dieser sie auf die Zeit der kleinsten Oscillation zu reduciren. Man könnte sich auch damit begnügen, je in der Mitte der Zeit von 10 Schwingungen den Grad der Ausweichung zu notiren. Fängt man, was genügend ist, um in einer Reihe 300 Schwingungen zu erhalten, mit einer Elongation von 20° an, so wird das dritte Glied $\frac{25}{256}\,\mathrm{Sin.}^6 \frac{e}{2} = 0{,}000156$, was für die Zeit von 10 Schwingungen selbst bei den schwerern Nadeln von 1 Fuſs Länge, wie sie Gauss gebrauchte und die 17,3 Sec. zu einer Schwingung bedurften, nur 0,027 Sec. auf die Dauer von 10 Schwingungen ausmacht. Dieses ist also auſser Acht zu lassen und man darf sich auf die beiden Glieder $\frac{1}{4}\,\mathrm{Sin.}^2 \frac{e}{2} + \frac{9}{64}\,\mathrm{Sin.}^4 \frac{e}{2}$ beschränken. Ihre Werthe sind für die 20 ersten Grade von e in folgender Tafel enthalten.

e	factor	e	factor	e	factor	e	factor
20°	0,00767	15°	0,00430	10°	0,00191	5°	0,00047
19	691	14	374	9	155	4	30
18	619	13	322	8	122	3	17
17	552	12	275	7	093	2	07
16	489	11	331	6	068	1	01

Mittelst dieser Werthe hätte man je nach beobachteter mittlerer Elongation von 10 Schwingungen die Schwingungszeit zu corrigiren. Man kann auch für eine gegebene Nadel in denjenigen Fällen, wo die Ortsveränderung nicht bedeutend ist, sogleich die Correctionstafel berechnen, indem für kleinere Nadeln die zu 10 Oscillationen gehörige Correction nur um

Digitized by Google

ein Paar Hundertelsecunden sich ändert, die in der Beobachtung selbst nicht zu erreichen sind.

Um jedoch auch dieser einzelnen Correctionen überhoben zu seyn und die Verbesserung sogleich an einem ganzen Hundert von Schwingungen in gehöriger Schärfe anbringen zu können, nimmt Hansteen die durch die Theorie angegebene und durch die Erfahrung bestätigte Idee zu Hülfe, daſs die auf einander folgenden Elongationen eine geometrische Reihe bilden, deren successive Glieder in einander dividirt einen stetigen Quotienten geben. Hat man nun die Elongation am Anfang und am Ende von n Schwingungen mit Genauigkeit beobachtet, so findet man bekanntlich diesen Quotienten m aus der Formel

$$\text{Log. } m = \frac{\text{Log. } (e_n) - \text{Log. } (e_0)}{n} \;\ldots\ldots\; (\text{I})$$

und die Elongationen bilden folgende Reihe:
$e, me, m^2e, m^3e \ldots m^{n-1}e$; die oben aufgestellte Formel wird demnach, wenn wir uns mit zwei Gliedern begnügen, was zulässig ist,

$$t' = t\Big[1 + \tfrac{1}{4}\Big(\text{Sin.}^2\frac{e}{2} + \text{Sin.}^2\frac{me}{2} + \text{Sin.}^2 m^2e + \ldots + \text{Sin.}^2\frac{m^{n-1}e}{2}\Big)$$
$$+ \tfrac{9}{64}\Big(\text{Sin.}^4\frac{e}{2} + \text{Sin.}^4\frac{me}{2} + \text{Sin.}^4\frac{m^2e}{2} + \ldots + \text{Sin.}^4\frac{m^{n-1}e}{2}\Big)\Big].$$

Um diese Reihe zu summiren, setze man

$$\text{Sin.}\frac{e}{2} = \frac{e}{2} - \frac{e^2}{48} + \ldots\ldots$$

$$\text{Sin}^2\frac{e}{2} = \frac{e^2}{4} - \frac{e^4}{48} + \ldots\ldots$$

$$\text{Sin.}^4\frac{e}{2} = \frac{e^4}{16} - \ldots\ldots$$

so wird

$$t' = t\Big[1 + \tfrac{1}{4}\cdot\frac{e^2}{4}\Big(1 + m^2 + m^4 + \ldots + m^{2n-2}\Big)$$
$$- \tfrac{1}{4}\cdot\frac{e^4}{48}\Big(1 + m^4 + m^8 + \ldots + m^{4n-4}\Big)$$
$$+ \tfrac{9}{64}\cdot\frac{e^4}{16}\Big(1 + m^4 + m^8 + \ldots + m^{4n-4}\Big)\Big].$$

Digitized by Google

Aber die Summe der ersten Reihe ist $= \frac{1-m^{2n}}{1-m^2}$, die der beiden letzten $= \frac{1-m^{4n}}{1-m^4}$; man erhält also

$$t' = t\left[n + \left(\frac{e}{4}\right)^2 \cdot \frac{1-m^{2n}}{1-m^2} + \frac{11}{12} \cdot \left(\frac{e}{4}\right)^4 \cdot \frac{1-m^{4n}}{1-m^4}\right] \ldots\ldots (II)$$

Aus sorgfältig beobachteten Elongationen leitet Hansteen den Werth von m für seine Cylinder zu 0,9928 und 0,9936 ab, und indem er aus demselben die Beobachtungen reconstruirt, ergiebt sich durch die Vergleichung mit der Erfahrung die Richtigkeit der obigen Annahme sowohl, als auch diejenige seiner Correctionsformel. Zugleich geht aus dieser Vergleichung hervor, daſs m bei groſsen Elongationen etwas kleiner ist, aber doch schon zwischen dem 20sten und 10ten Grade sich einer festen Grenze nähert. Allerdings ist leicht einzusehn, daſs, da m von der Form und dem Gewichte des Cylinders und der Dichtigkeit der Luft abhängig ist, die hemmende Wirkung bei groſsen Schwingungsweiten und schnellerer Bewegung stärker sey, mithin die Abnahme der Elongationen anfänglich schneller erfolgen muſs, als später bei mäſsiger Bewegung. Uebrigens versichert Hansteen, bei verschiedenen Cylindern von ähnlicher Gestalt und Gröſse den Werth von m immer zwischen 0,9922 und 0,9930 gefunden zu haben. Man hat also zuerst für die gegebene Nadel den Werth von m aus sorgfältig und zu diesem Zwecke eigens beobachteten Elongationen nach der Formel (I) auszumitteln, wobei es rathsam ist, nicht über die Grenze hinauszugehn, in der man später die Schwingungen zu beobachten gedenkt, z. B. etwa 20°. Setzt man nun statt e eine bestimmte Zahl von Graden $= \mu$, so ist

$$\left(\frac{e}{4}\right)^2 = \left(\frac{\mu}{4}\right)^2 \times \left(\frac{1}{57^\circ,295}\right)^2 \ldots =$$

$$\mu^2 \times \left(\frac{0,0174533}{4}\right)^2 = \mu^2 . 0,000019039 = \mu^2 \alpha.$$ Ebenso wird

$$\frac{11}{12}\left(\frac{e}{4}\right)^4 = \mu^4 \cdot \frac{11}{3072} \times 0,0174533^4 = \mu^4 \times 0,00000000035226 \mu^4 \beta.$$

Der Logarithmus des erstern Factors ist 5,27964, der des letztern $= 0,52148$. Mit diesen Factoren sind die Werthe von

Digitized by Google

$\frac{1-m^{2n}}{1-m^2}$ und $\frac{1-m^{4n}}{1-m^4}$ zu verbinden; dieſes gäbe zwei Tafeln, welche n oder die Menge der Beobachtungen, die man zuſammenfaſſen will, zum Argumente hätten. Die eine würde die Gröſse $\alpha.\frac{1-m^{2n}}{1-m^2}$, die andere $\beta.\frac{1-m^{4n}}{1-m^4}$ enthalten, verſteht ſich beide in Logarithmen, um die groſsen Decimalbrüche zu vermeiden. Hansteen hat dem zweiten Factor folgende Geſtalt gegeben. Indem er den erſten $\frac{1-m^{2n}}{1-m^2}.\alpha = A$ ſetzt, macht er $\frac{11}{12}.\frac{1+m^{2n}}{1+m^2}.\alpha = B$. Somit iſt alſo

$$n + \left(\frac{e}{4}\right)^2.\frac{1-m^{2n}}{1-m^2} + \frac{11}{12}\left(\frac{e}{4}\right)^4.\frac{1-m^{4n}}{1-m^4} = n + A\mu^2 + AB\mu^4.$$

Er giebt für verſchiedene Werthe von m (von 0,991 bis 0,994) und für n (von 100 bis 300) die Logarithmen von A und B. Kennt man einmal den Werth von m, der für gröſsere Nadeln wohl auſserhalb der hier angenommenen Grenzen treten dürſte, ſo möchte es am gerathenſten ſeyn, ſich ſogleich für das gefundene m eine Tafel zu verfertigen, welche n und μ zu Argumenten hätte und den ganzen Werth $A\mu^2 + AB\mu^4$ ausſpräche; n würde dann dazu addirt, und die für die Abnahme der Schwingungsbogen corrigirte Zeit wäre dann

$$T = t[n + A\mu^2 + AB\mu^4].$$

Den bedeutendſten Einfluſs auf die Schwingungszeiten übt die Temperatur aus, in welcher die Beobachtungen angeſtellt werden, und es iſt unerläſslich, dieſelben auf eine angenommene Normaltemperatur zu reduciren, wenn man vergleichbare Reſultate über die Intenſität erhalten will. Die frühere Nichtbeachtung dieſes erſt in der Folge erkannten Einfluſſes brachte Hansteen um ein ganzes Jahr fleiſsig angeſtellter Beobachtungen[1], und Manches, was man erſt ſtündlichen und monatlichen Veränderungen der Intenſität zuſchreiben wollte, ging eigentlich auf Rechnung der ſchwächenden Kraft der Wärme. Eine allgemeine Schätzung dieſer Wirkung oder einen beſtimmten Correctionsfactor für alle verſchiedenen Nadeln aufſtellen zu wollen möchte wohl ein überflüſſiges Beginnen

1 Poggendorff's Ann. IX. 163.

Digitized by Google

seyn, da das Factum selbst durch mehr als eine Ursache bedingt wird. Die Wärme kann auf den terrestrischen Magnetismus selbst schwächend einwirken, und wirklich sehn wir ihn gerade in denjenigen Stellen des Erdballs am stärksten hervortreten, wo die Temperatur am niedrigsten ist; sie kann auch, wie oben in XII. gezeigt worden, nur den Magnetismus der Schwingungsnadel vermindern und so die Schwingungen langsamer machen. Sodann dürfte die durch starke Temperaturerhöhungen bewirkte Luftveränderung die Beweglichkeit der Nadel begünstigen und umgekehrt möchte die verdichtete Luft wenigstens die Schwingungsweiten merkbar reduciren, eine Wirkung, die nichts Auffallendes hat, wenn man bedenkt, daſs 40° R. Wärmezunahme die Dichtigkeit der Luft um 5 Zolle Barometerdruck vermindert.

Schon Saussure, der die magnetische Anziehung durch sein magnetisches Pendel (*Magnetometer*) zu messen bemüht war, hatte dieselbe auf dem Col du Géant stärker als in der Tiefe gefunden, war aber vorsichtig genug, dieses Resultat auf Rechnung der Temperatur zu setzen[1]. Nach ihm haben Hansteen, Christie, Kupffer und später Riess und Moser sich mit dieser Aufgabe beschäftigt. Der erstere[2] setzte nach eigens dazu angestellten Versuchen die Correction der Schwingungszeit seiner Nadel für 1° R. auf 0,000394, nach Christie[3] würde sie gar 0,001269 betragen. Kupffer[4] leitete sie aus den Beobachtungen ab zu 0,0055 für eine Nadel von 0,5 Meter (18½ Zoll) Länge, während Hansteen's Bestimmungen sich auf kleine cylindrische Nadeln von höchstens 3 Z. Länge beziehn. Spätere Versuche[5] gaben diesen Factor = 0,0072; 0,0077; 0,0066; 0,0062; dennoch aber glaubt Kupfer, daſs nach allen seinen Messungen 0,0051 der richtige Factor der Correction für 1° R. Wärmedifferenz sey. Moser und Riess fanden, daſs bei Nadeln der letztern Art die Schwächung dem Durchmesser, d. h. der Oberfläche proportional sey, und be-

1 Voyage dans les Alpes T. IV. p. 313.
2 Ann. Chim. phys. T. XL. p. 437.
3 Poggendorff's Ann. IX. 161.
4 Ebend. XVII. 404.
5 Ann. de Chim. et Phys. T. XXXV. p. 328. Poggendorff's Ann. X. 545.

stimmten die Abnahme der Oscillationszeit für 1° R. für Nadeln über 34 Lin. zu 0,000231.d, und für Längen unter 24 Lin. zu 0,000162.d, wenn d den Durchmesser der Nadel bezeichnet. Horner fand für einen glasharten Stahlcylinder von 3 Z. Länge und $1\frac{1}{2}$ Lin. Dicke die Correction = 0,000515. Die Angaben, die Capitain Sabine[1] bekannt machte, gehn bis auf 0,0009 für 1° R., sie verdienen aber wegen des veränderlichen Zustandes der Nadeln selbst weniger Vertrauen. Ueberhaupt können für diese Untersuchung keine Beobachtungen benutzt werden, bei welchen groſse Temperaturveränderungen vorkommen, weil diese gemeiniglich eine bleibende Schwächung der Nadel zur Folge haben, eine Wirkung, die ihrer Brauchbarkeit zur Intensitätsbestimmung mehr als alles andere entgegen wäre, da gerade die Unveränderlichkeit des Magnetismus einer Nadel ihren höchsten Vorzug ausmacht. Bei der Wichtigkeit dieser Correction und der Unmöglichkeit, sie aus fremden Angaben mit einigem Vertrauen abzuleiten, bleibt uns nichts übrig, als sie aus den Beobachtungen selbst zu bestimmen. Man kann zu diesem Ende, wie Kupffer gethan hat, die Nadel des Winters in einem ungeheizten Zimmer der äuſsern Kälte aussetzen und dann durch schnelle Heizung die Temperatur erhöhn, ohne weder die Lage der Nadel, noch ihre Umgebung zu ändern, und dieses wird bei gröſsern Nadeln wohl die einfachste Veranstaltung seyn. Wenn auch, wie es sich kaum anders denken läſst, über der Erwärmung ein Paar Stunden verflieſsen, so ist die während dieser Zeit wirklich vorgehende Aenderung der Intensität gegen die thermometrische Wirkung eines Intervalls von 20 bis 30 Graden so unbedeutend, daſs sie wohl übersehn werden darf. Will man, was bei kleinen Nadeln sich eher ausführen läſst, das Gefäſs, in welchem die Nadel zu schwingen hat, durch umgebendes Wasser oder kalt machende Mischungen in andere Temperaturen versetzen, so kann man Hansteen's Apparat benutzen, den die Zeichnung darstellt. ABCD ist ein cylindrisches Fig.
Gefäſs von dünnem Messingblech, EGHF ein Glasgefäſs von 200.
eben der Form, EF eine als Deckel dienende, in der Mitte durchbohrte Scheibe von Spiegelglas, N ein Thermometer und IK ein Ring von Spiegelglas, auf welchen der getheilte

1 Quarterl. Journ. of Sc. N. Ser. N. XI.

Limbus geklebt ist. Die durch einen Stöpsel verschlieſsbare Oeffnung LM dient zum Hineingieſsen von heiſsem Wasser oder zum Einbringen einer kaltmachenden Mischung, der Hahn C, um beide nach Beendigung des Versuchs wieder abzulassen. Die Erhitzung kann auch durch eine untergestellte Weingeistlampe bewerkstelligt werden. Die Nadel, deren Oscillationen untersucht werden sollen, ist aus der Zeichnung von selbst kenntlich. Noch einfacher ist es, ein cylindrisches
Fig. 201. Glasgefäſs oben mit einer runden Glasscheibe zu versehn, in deren Centrum ein feines Loch gebohrt ist[1], durch welches der mit Wachs irgendwo angeklebte Seidenfaden hindurchgeht. Auf dem Boden des Gefäſses liegt ein Kreis von steifem Papier, der von 5 zu 5 Graden eingetheilt ist. An einem Faden oder Drahte hängt inwendig das kleine Thermometer. Das Glasgefäſs wird in einen mit Wasser gefüllten hölzernen Eimer gesetzt und vermittelst ein Paar Holzschienen niedergebunden. Für gröſsere Nadeln, wo gläserne Gefäſse nicht leicht anwendbar sind, müſste man sich allenfalls ein länglich viereckiges, oben mit einem Glasdeckel versehenes Kästchen aus Messing oder gewalztem Zink bereiten, welche jedoch in Beziehung auf inhärirenden Magnetismus vorher sorgfältig zu untersuchen sind. Bei allen diesen Versuchen ist es rathsam, die Erwärmung nicht über 40° R. zu treiben, um die Nadel nicht einer gröſsern Erhitzung auszusetzen, als sie nachher beim Transporte oder etwa im Sonnenschein zu gewärtigen hätte, damit jede permanente Schwächung des Magnetismus gänzlich vermieden werde; auch erfordern die Versuche groſse Vorsicht und viele Geduld, weil die Nadel die erforderliche Temperatur durch die Einwirkung der umgebenden Luft nicht schnell und sicher annimmt.

4) *Instrumente zur Messung der anziehenden Kraft der Magnete.*

Was man bisher durch Schwingungen zu erreichen suchte, die Schätzung der anziehenden Kräfte des Magnetismus, das bemühte sich schon im J. 1767 der scharfsinnige, an Untersuchungsgeist seinem Zeitalter weit voreilende Saussure

1 Was bekanntlich mit Hülfe eines harten zugespitzten Grabstichels oder Metallbohrers unter beständiger Benetzung der Bohrstelle mit Terpentinöl leicht zu bewerkstelligen ist.

Digitized by Google

durch ein eigenthümliches Instrument, *Magnetometer* genannt, zu erforschen. Es war ihm hauptsächlich um die Lösung einer Frage zu thun, mit welcher in neuerer Zeit Gay-Lüssac und Kupffer sich beschäftigt haben, ob nämlich die magnetische Kraft in den Höhen ebenso wirksam sey, als nahe an der Erde. Nach einigen Fehlversuchen kam er auf folgende Construction[1].

An das untere Ende einer sehr leichten und um ihre Axe leicht beweglichen Pendelstange wurde eine eiserne Kugel befestigt; ihr gegenüber in gehöriger Entfernung lag ein Magnet, der die Kugel aus ihrer senkrechten Lage zog, und die Bogen dieser Ablenkung gaben die Veränderung dieser Kraft zu erkennen. Durch einen oberhalb des Aufhängepuncts angebrachten Zeiger, der fünfmal so lang als das Pendel selbst war, wurden diese noch sichtbarer gemacht. Nach einigen sehr regelmäſsigen Oscillationen kam die Kugel in einer bestimmten Entfernung zur Ruhe und kehrte auch bei jeder Wiederholung des Versuchs wieder auf den nämlichen Punct zurück. Die Lage des Magnets war durch feste Schrauben, die Stellung des Instruments durch eine Libelle gesichert und das Pendel durch ein Glasgehäuse gegen den Luftzug verwahrt. Mit diesem Instrumente hatte Saussure fünf Jahre lang Beobachtungen angestellt, von denen jedoch weder Resultate, noch sonst ein Detail bekannt geworden sind. Einzig fand er, daſs die magnetische Anziehung veränderlich sey und daſs die Temperatur dabei einen groſsen Einfluſs habe. Seinem Scharfsinne entging es nicht, zu bemerken, daſs, wenn durch Zunahme der magnetischen Intensität die Kugel dem Magnete näher gebracht wurde, schon diese gröſsere Nähe seine Wirkung verstärken müsse. Die Complication dieser Wirkungen, die weder mit dem umgekehrten Verhältniſs der Quadrate der Entfernungen, noch mit einem andern Gesetze in Uebereinstimmung zu bringen waren, veranlaſste den Erfinder zu Versuchen und Rechnungen, die er nicht zum Ziel brachte, welchem Umstande wohl auch die Unterdrückung jener fünfjährigen Beobachtungen zuzuschreiben ist. Einzig vernahmen wir, daſs auf dem 1400 Toisen hohen Cramont die Kraft des

1 Saussure Voy. aux Alpes. T. I. p. 375. T. II. p. 343. éd. de Neufchatel.

Digitized by Google

Magnets um 2 Abtheilungen des Gradbogens gröſser gefunden wurde, wenn der anziehende Pol des Magnets gegen West, als wenn er gegen Ost gekehrt war, was auf eine örtliche Anziehung des Berges hindeutete, die dann auch durch andere Untersuchungen sich bestätigt. Obschon die Methode der Schwingungen auch die feinsten Veränderungen der magnetischen Intensität zu erkennen giebt, so erfordert sie doch einen eigenthümlichen Versuch, der eine vorzügliche Uhr und eine auf so groſsen Höhen nicht wohl zu erhaltende Bequemlichkeit und Schützung gegen Wind und Wetter nothwendig macht, da hingegen Saussure's Magnetometer durch eine augenblickliche Beobachtung ein Resultat giebt, bei welchem, was die Schwingungen kaum leisten, die Wirkung von ½° R. Temperaturänderung sichtbar wird. Das Instrument verdiente also wohl noch aus der Rüstkammer der ältern Werkzeuge hervorgezogen und in Verbindung mit den heutigen Apparaten benutzt zu werden. Zur Vereinfachung könnte man das Niveau am Pendel selbst befestigen und den Magnet durch eine mikrometrische Verschiebung in diejenige Entfernung bringen, welche die Grenze seiner Anziehung auf das Pendel ausmachen würde.

Unter dem Namen *Magnetimeter* haben Scoresby[1] und später Harris zwei Instrumente angegeben, beide zur Messung magnetischer Anziehungen dienend. Mit dem ersten prüfte Scoresby den Magnetismus, welchen weiche Eisenstangen durch Schläge, die in verschiedenen Richtungen angebracht
Fig. werden, erhalten. Es war eine Art kleiner Tisch von Messing,
202. 4½ Z. in Kanten, an dessen einem Rand eine Fläche in einem Gelenk oder einer Axe beweglich war, bestimmt, eiserne Stangen aufzunehmen und ihnen jeden beliebigen Grad von Neigung zu geben; diese wurde durch einen an der Axe befestigten Theilungskreis gemessen. Auf dem horizontalen Messingtischchen lag eine Boussole, deren Ablenkungen durch den Eisenstab die Kraft seines Zuges angaben. Das Ganze war zwar nicht im Aeuſsern, aber im Zweck sehr übereinstimmend mit der Vorrichtung, welche wir beschrieben haben.

Das zweite Instrument, dem Harris ebenfalls den Namen

---

1 Edinb. phil. J. No. 17. p. 41. Edinb. Phil. Trans. IX. 243. u. philos. Trans. 1822. 241.

Digitized by Google

Magnetimeter gegeben hat, ist eine Art Waage, um magnetische Anziehungen und Abstoſsungen zu schätzen. An einem aufrechten gezahnten Stabe von Messing, welcher mittelst eines Getriebes erhöht und erniedrigt werden kann, ist ein leichtes Rad angebracht, über dessen obere Hälfte der Peripherie ein Faden zu beiden Seiten herunter hängt. An einem Ende des Fadens ist der eiserne oder magnetische Körper befestigt, dessen Anziehung oder Abstoſsung man prüfen will; am andern Ende hängt ein gerader nicht allzudicker Draht oder Metallstab hinunter, der in ein Gefäſs mit Wasser eintaucht und durch das Maſs seiner Einsenkung, wie der Stiel eines Aräometers, eine regelmäſsige Aenderung des Gewichts hervorbringt. An der Axe des Rades ist ein leichter oder äquilibrirter Zeiger befestigt, der auf einer Theilung das Maſs der Einsenkungen angiebt. Man sieht, daſs dieser Apparat eigentlich mit dem Magnetismus nichts als die Anwendung gemein hat und allgemein nur dazu dient, bei Abwägungen mikrometrisch verfahren zu können, indem man durch Erhebung des Trägers der Waage die Eintauchung des Metalldrahtes modificiren, mithin das Gewicht allmälig verändern kann, auch ohne kleine Parcellen vom Gewichte zuzulegen und hinwegzunehmen, was immer mit Zeitverlust und einer ungelegenen Erschütterung der Waage verbunden ist. Es versteht sich, daſs das Wassergefäſs weit genug seyn muſs, daſs auch die tiefste Einsenkung des Drahtes das Niveau seiner Oberfläche während der Beobachtung nicht verändere. Die Genauigkeit dieses Werkzeuges wird jedoch noch durch die Adhäsion des Wassers an der Stange, die je nach seiner Befeuchtung einigen Widerstand leisten kann, etwas beschränkt, gleichwohl kann es als Waage in verschiedenen Fällen von Nutzen seyn, da man es in der Macht hat, durch die Anwendung von Metalldrähten verschiedener Dicke seine Empfindlichkeit zu verändern.

Auch Mark Watt[1] beschreibt ein Magnetometer, welches auf jeden Fall wegen seiner ausgezeichneten Einfachheit mehr Aufmerksamkeit verdient, als ihm gewidmet worden zu seyn scheint. Wenn man zwei Declinationsnadeln parallel neben einander stellt, so stoſsen sich die zwei gleichnamigen Pole unter Voraussetzung gleicher Stärke gleichmäſsig ab, und da

1 Edinburgh New Phil. Journ. No. XII. p. 376.

Digitized by Google

die Richtungen dieser Abstoſsung einander entgegengesetzt sind, so wird ihr Parallelismus dadurch nicht geändert. Um dieses Hinderniſs zu vermeiden, darf man den Magnetnadeln nur die Einrichtung geben, daſs ihre Abstoſsungen nach gleichen Seiten gerichtet sind, in welchem Falle sie sich im quadratischen Verhältnisse ihrer Intensitäten weiter vom magnetischen
Fig. 203. Meridiane entfernen werden. Zu diesem Zweck versieht man zwei gleiche hölzerne Stäbchen w w, w′w′ mit Achathütchen, befestigt an ihrem kürzern Ende zwei kleine Magnete m m, m′m′ aus gleichen Stücken einer Uhrfeder, läſst beide auf den feinen Stahlspitzen[1] p, p′ ruhn, die vertical in den Bleigewichten s, s′ befestigt sind, und bringt sie durch verschiebbare Gegengewichte in eine horizontale Lage. Vermittelst der bleiernen Fuſsgestelle bringt man sie zu einem Abstande von etwa 2,5 Zoll und bemerkt die Veränderungen ihres Abstandes an den Gradtheilen einer Scale, die durch die Spitzen der Holzstäbchen angezeigt werden. Beide müssen in Folge des terrestrischen Magnetismus im magnetischen Meridiane stehn, also einander parallel seyn, sie werden sich aber weiter von einander entfernen, wenn ihr eigener Magnetismus stärker ist, wobei jedoch eine mögliche Veränderung der Stärke des tellurischen Magnetismus gleichfalls zu berücksichtigen wäre, was von Watt nicht erwähnt worden ist. Es versteht sich von selbst, daſs bei einer wirklichen Anwendung nicht bloſs der Apparat unter einen Glaskasten gestellt, sondern auch das Verhältniſs der Gröſse der Gradtheile zu den Abständen beider Nadeln und den Längen der Holzstäbchen als Elemente der Berechnung dienen müſsten. Ohne eine solche Genauigkeit anzuwenden, bemerkt Watt bloſs, daſs der Abstand der Zeigerspitzen im Mai, Juni und Juli 7 bis 8 Grade, im August, Sept. und October im Mittel 8,25 Grade mit Veränderungen bis 11 Grade, im Nov., Dec. und Januar 12 mit einem Uebergange zu 14 Graden und in den drei folgenden Monaten 11, 9 und 9 Grade mit einem Uebergange zu 10 Graden betragen habe. Hiernach war also die magnetische Kraft im Sommer am stärk-

1 Besser wäre es auf jeden Fall, sie zur Vermeidung des ungleichen Einflusses dieser Spitzen, und um die Achathütchen entbehren zu können, an Seidenfäden aufzuhängen, deren anderes Ende an einem Bügel von Kupferdraht befestigt wäre.

Digitized by Google

ſten; auſserdem aber bemerkte er noch tägliche Variationen, die jedoch nicht ſo vollſtändig und genau angegeben ſind, daſs ſich ein allgemeines Geſetz daraus ableiten läſst. Uebrigens giebt die Tragkraft kein abſolutes und mindeſtens kein allgemeines Mittel, die Stärke eines Magnets zu beurtheilen, indem dieſes namentlich auf Magnetſtäbe und Magnetnadeln nicht anwendbar iſt. Um die Kraft der Magnetſtäbe zu meſſen, was gegenwärtig hauptſächlich bei ſolchen erfordert wird, die man zur Beobachtung der täglichen Variationen aufzuhängen pflegt, iſt das beſte Mittel, ihre Einwirkung auf Magnetnadeln, die in angemeſſenen Abſtänden aufgeſtellt ſind, aus der Gröſse des Winkels zu beſtimmen, um welchen ſie dieſelben aus dem magnetiſchen Meridiane ablenken.

5) *Maſchinen durch Magnete bewegt.*

Wegen des geheimniſsvollen Schleiers, welcher aller Unterſuchungen ungeachtet noch immer das eigentliche Weſen des Magnetismus umhüllt, glaubten der Sache Unkundige häufig, daſs die magnetiſche Kraft bei ſolchen Maſchinen zur Erzeugung der Bewegungen diene, wobei man das bewegende Mittel abſichtlich verborgen hatte. Beiſpiele dieſer Art ſind häufig, ſie verdienen aber weder Beachtung, noch viel weniger eine Widerlegung; beiſpielsweiſe möge jedoch erwähnt werden, daſs einige die unbegreiflichen Leiſtungen der berühmt gewordenen *Schachmaſchine* v. Kempelen's aus verborgenen Magneten ableiten wollten. Es läſst ſich jedoch leicht überſehn, daſs die magnetiſche Anziehung durchaus nicht geeignet ſey, als mechaniſch bewegendes Mittel benutzt zu werden, denn theils wirkt ſie bloſs auf Eiſen, Nickel und Kobalt, theils nimmt ſie mit der Entfernung ſo ſehr ab, daſs ſie bald unmerklich wird, und endlich wirkt ſie bloſs in der Berührung feſthaltend, ohne diejenigen Modificationen des Wechſels und der veränderlichen Stärke, die für mechaniſche Mittel ganz unentbehrlich ſind. Dieſes letztere Hinderniſs findet darin eine Beſeitigung, wenn der Magnet durch Volta'ſche Elektricität erzeugt iſt und man daher deſſen Pole in kurzer Zeit, ja faſt momentan, umzukehren vermag, wodurch dann die anziehende Kraft in abſtoſsende verwandelt wird und alſo nothwendig Bewegung entſtehn muſs, die bei der ausnehmenden Stärke der auf dieſe Weiſe erzeugten Magnete mit groſser

Kraft verbunden seyn kann. Das hiernach veränderte Problem kommt also darauf hinaus, eine geeignete Vorrichtung zu ersinnen, vermittelst deren dem weichen Eisen ein kräftiger Magnetismus ertheilt und zugleich die Polarität in regelmäſsigen schnellen Wechseln geändert wird. Ersteres geschieht gegenwärtig leicht durch vervielfältigte Windungen des Rheophors (galvanischen Leitungsdrahtes), Letzteres durch Umkehrung der Richtung des magnetischen Stroms, und da beides an sich mit keinen erheblichen Schwierigkeiten verbunden ist, auch bei anderweitigen verschiedenen Apparaten bereits in Anwendung gebracht wurde, so hätte der Erfindungsgeist hierin ein nicht sehr schwieriges Problem zu lösen. Es tritt jedoch eine anderweitige Schwierigkeit in den Weg, welche bei einer wirklichen praktischen Anwendung den erzielten Nutzen nicht bloſs sehr zu mindern, sondern vielleicht ganz aufzuheben im Stande seyn dürfte, und dann würde die Lösung des Problems bloſs dazu dienen, die theoretisch bewiesene Möglichkeit einer hierdurch zu erzeugenden Bewegung auch factisch darzuthun und die zahlreichen elektromagnetischen Apparate um einen neuen, allerdings interessanten, zu vermehren. Bis jetzt sind drei Männer bekannt geworden, welche, ohne gegenseitig Kenntniſs von einander zu haben, die Lösung dieser Aufgabe versuchten und bei der Einfachheit der Sache im Allgemeinen die nämlichen Vorrichtungen in Anwendung brachten. Der eine, welcher durch den Tod an der weitern Verfolgung seines Unternehmens gehindert wurde, war Schulthess in Zürich, dessen gebrauchter Apparat bereits beschrieben worden ist[1], der zweite ist M. H. Jacobi[2] in Königsberg, welcher nach den hierüber verbreiteten Nachrichten dem vorgesetzten Ziele schon bedeutend näher kam und nach den erhaltenen Resultaten noch fortwährend die Hoffnung hegt, hierdurch ein praktisch anwendbares Bewegungsmittel zu erhalten. Der von ihm construirte Apparat ist zwar noch nicht genau beschrieben, man weiſs

---

1 Ueber Elektromagnetismus, nebst Angabe einer neuen, durch elektromagnetische Kräfte bewegten Maschine. Zürich 1835. 8.

2 Poggendorff's Ann. XXXI. 367. Da bis jetzt noch kein Apparat dieser Art als vollendet ausgegeben wurde, so dürfte es nicht zweckmäſsig seyn, eine Beschreibung der bisher ausgesonnenen hier mitzutheilen. Auſserdem ist der Erfolg noch ungewiſs.

Digitized by Google

jedoch aus allgemeinen Andeutungen und den Mittheilungen der Augenzeugen, die ihn geſehn haben, daſs er im Weſentlichen mit dem eben erwähnten übereinkommt. Die oben gerügte weſentliche Schwierigkeit hat Jacobi keinesweges überſehn und man muſs daher erwarten, daſs er ſie möglichſt zu beſeitigen ſtreben wird. Sie beſteht darin, daſs die Glieder der einfachen Volta'ſchen Kette nach der Natur der hydroelektriſchen Säulen durch den Gebrauch bedeutend zerſtört werden, deswegen aber bald eine auffallende Schwächung erleiden, indem namentlich das gebrauchte Zink durch die Säure angefreſſen wird und dann einen weit geringern elektriſchen Strom erzeugt, als wenn ſeine Oberflächen blank ſind, die Säure durch Aufnahme des entſtandenen Metallſalzes einen Theil ihrer Wirkſamkeit verliert, durch beide vereinte Urſachen aber die Kraft des hervorgerufenen Magnetismus bald ſehr merklich abnimmt, welches als ein ſo viel gröſseres Hinderniſs erſcheinen muſs, je nothwendiger ein ſtetes Gleichbleiben der mechaniſchen Kraft bei allen praktiſch anwendbaren Maſchinen zu ſeyn pflegt. Der dritte Erfinder eines ſolchen Apparates iſt M. J. D. Botto in Turin[1]. Die von ihm verfertigte Maſchine hat, wie Zamboni's *Perpetuum mobile*, einen horizontalen Balancier, deſſen einer Arm abwechſelnd vom einen und dann vom andern magnetiſchen Pole angezogen wird.

6) *Magnetiſche Spielereien.*

Neben den bisher beſchriebenen, in vielfacher Hinſicht ausnehmend nützlichen magnetiſchen Apparaten, auf die man ſich gegenwärtig mit Recht ausſchlieſslich beſchränkt, hat man früher eine Menge Spielereien ausgeſonnen, die insgeſammt auf das Princip der Anziehung freundſchaftlicher und Abſtoſsung der gleichnamigen Pole gebaut die hierdurch erzeugten Bewegungen verſtecken und ſomit als wunderbar auffallende Erſcheinungen hervorbringen. Weil aber die Conſtruction aller höchſt einfach, auch aus dieſem einen Principe leicht erklärbar iſt, ſo verlohnt es ſich nicht der Mühe, weder ſie alle namhaft zu machen, noch auch einen derſelben ausführlich zu beſchreiben. Dahin gehören unter andern als

---

1 Edinb. New Phil. Journ. N. XXXV. p. 151.

Digitized by Google

die bekanntesten die Fische oder Schwimmvögel von Blech, die im Maule oder Schnabel mit einem Magnete versehn sind und sich daher nähern oder entfernen, je nachdem man dem hervorstehenden Pole den freundschaftlichen oder feindlichen Pol unter der Gestalt einer Angel oder eines Stabes mit einem Köder entgegenhält. Versteckter sind die magnetischen Uhrzeiger vor einem Zifferblatte, die auf eine gewisse Stunde zeigen, wenn man einen andern magnetischen Zeiger danach stellt. Auf gleiche Weise dreht sich eine Scheibe vermittelst eines Magnets zwischen zwei Köpfen, wozu meistens Cicero, Plato oder sonstige Gelehrte des Alterthums gewählt werden, und zeigt irgend einen Welttheil, auf welchen die Figuren hindeuten, je nachdem man einen unter dem Apparate versteckten Zeiger auf diesen oder jenen stellt. Am einfachsten ist der Mechanismus bei den horizontal auf einer Spitze balancirten runden Scheiben, auf deren schmalen Sectoren Antworten gedruckt sind, die durch einen Einschnitt in einer andern, sie bedeckenden Scheibe zum Vorschein kommen und auf diejenigen Fragen passen, auf die man einen Zeiger des nämlichen Apparats stellt. Oft ist hierbei nach gemeinem Witze gehascht, indeſs kann die Sache kein bedeutendes Interesse haben, da der Kenner bald gewahrt, daſs das Ganze durch zwei correspondirende Magnete, einen unter dem Zeiger, den andern unter der drehbaren Scheibe, bewerkstelligt wird[1].

1 Bis hierhin reicht das vollständig ausgearbeitete Manuscript des verewigten v. Horner's, der zu früh für die Wissenschaft, für seine Familie und die groſse Zahl seiner ihn wahrhaft liebenden und hochschätzenden Freunde am 3. Nov. 1834. der Welt durch den Tod entrissen wurde. Der Rest ist aus seinen Collectaneen zusammengestellt, gewiſs nicht in der Vollendung, als der Verewigte dieses geliefert haben würde, allein hiervon ist die Schuld bloſs dem unerbittlichen Schicksale beizumessen. Muncke.

Digitized by Google

XVII. Magnetismus der Erde.

A. Theorieen über den tellurischen Magnetismus.

Wir kommen endlich zur nähern Betrachtung des magnetischen Fluidums in seiner hauptsächlichsten Bedeutung und seiner ausgedehntesten Wirksamkeit, zur muthmaſslichen Quelle aller der speciellen Erscheinungen, unter welchen wir dasselbe bisher betrachtet haben, zum Magnetismus des Erdballs. Wenn die Erhebung zur Idee, die Erde unter die Reihe der Magnete zu setzen, den Physikern der frühern Jahrhunderte zur Ehre gereichte, so scheint es der gegenwärtige Stand der Wissenschaft, so unvollendet er auch noch in manchen Theilen sich erweist, zu erheischen, daſs wir die Erde mit ihren atmosphärischen Umgebungen als den Sitz des Magnetismus und die Magnete als bloſse Träger der von ihr ausgehenden Kraft betrachten.

Wie die Identität des Blitzstrahls mit dem Funken der geriebenen Glasscheibe die Elektricität aus dem Cabinet auf ihren wahren Schauplatz, die Erde, herausrief, so zieht die Lenkung der stählernen Nadel nach den Regionen und Klimaten der Erdkugel unsere magnetischen Forschungen in das Gebiet der terrestrischen Physik, den endlichen Vereinigungspunct, das Ziel aller physikalischen Doctrinen hinüber, und was die Wissenschaft von dem Wesen eines tellurischen Stoffes aus seinen Erscheinungen im Kleinen erspähte, das findet erst da seine eigentliche Anwendung. So gewährt sein Studium dem Naturforscher den doppelten Genuſs, erst die Gesetze dieses eigenthümlichen Stoffes in ihrer ganzen Merkwürdigkeit, gleichsam im Kleinen zu erkennen und dann das Erkannte auch von der Natur im Groſsen befolgt zu sehn.

Das Daseyn des wohl über alle Stellen der Erde verbreiteten terrestrischen Magnetismus giebt sich nur in seinen Wirkungen auf Eisen und Stahl, zum Theil auch in der localen Aeuſserung einiger mit dieser Kraft imprägnirter Felsen zu erkennen und wir haben für jetzt nur drei Wege, denselben einer Untersuchung zu unterwerfen: erstens durch die bestimmte Azimuthalrichtung, welche er einer horizontal schwebenden,

Digitized by Google

frei aufgehängten, magnetischen Stahlnadel ertheilt, durch die *Abweichung*, zweitens durch die Senkung, welche eine genau abgeglichene Stahlnadel im magnetischen Meridiane erhält, die *Neigung*, und drittens durch die Schnelligkeit der Schwingungen, welche die Nadel in horizontaler sowohl als auch in verticaler Lage an verschiedenen Orten der Erde macht, die *magnetische Intensität*. Die zu diesen drei Beobachtungsarten erforderlichen Werkzeuge und Methoden sind in der hier zunächst vorangehenden Abtheilung angegeben und erklärt worden. Von der ersten Erscheinungsform, der Abweichung, haben wir bereits im ersten Bande dieses Werks S. 131 bis 165. eine einläſsliche Darstellung gegeben, die aber bei der täglichen Bereicherung dieses Gebiets der Wissenschaft eines Nachtrages bedürftig ist, mit welchem dann die Betrachtungen über Neigung und Intensität am besten in unmittelbare Verbindung gesetzt werden. Daſs hier a priori nichts geleistet werden könne, sondern wir die Erscheinungen und ihren Zusammenhang an der Hand der Erfahrung erst aufsuchen müssen, bedarf keines Erweises.

Daſs die Magnetnadel nicht genau nach den Erdpolen hinweise, sondern, wie man es ausdrückt, eine gewisse Abweichung habe, und daſs diese nach Zeit und Ort sich ändere, ist seit Jahrhunderten bekannt, indem das Bedürfniſs der Schifffahrt schon früh auf diese Untersuchungen leitete. Hingegen ist das rein Physikalische der Erscheinungen des terrestrischen Magnetismus, wohin Neigung und besonders Intensität gehören, erst mit dem Aufleben der beobachtenden Physik ein Gegenstand der Nachforschung geworden. Die Beobachtungen ergeben im Allgemeinen, daſs in der Nähe des Erdäquators die Veränderungen der Abweichung von einem Orte zum andern gering, die Nadel fast horizontal und die Schwingungen merklich langsamer sind, als nord- und südwärts, daſs, je mehr man nach Norden oder Süden vorrückt, die Senkungen stärker und die Oscillationen beschleunigter werden, und daſs die Richtungen der horizontalen Nadel auf einen oder einige Puncte auf der Erde hinweisen, die man als Convergenzpuncte dieser Kraft ansehn kann. Diese drei Erscheinungsformen eines und desselben Wesens auf eine einzige Grundursache zurückzuführen, ist das Geschäft der Theorie. Inwieweit es ihr gelungen sey, dieses zu leisten,

Digitized by Google

mag die folgende Darstellung der hierin gemachten Versuche zeigen; am besten wird es jedoch die Erfahrung selbst thun, die auch in dieser Sache die letzte Entscheidung hat. Daſs bei der mathematischen Auffassung der Probleme auch die Vorstellungsart, die man sich von dem physikalischen Hergange der Sache macht, von wesentlichem Einflusse sey, ist nicht zu leugnen. Auch hierüber wird die Erfahrung, wenn sie es auch an klaren Hindeutungen fehlen läſst, wenigstens ihr Veto aussprechen, sie wird uns zeigen, ob wir der allgemein beliebten Idee von einem oder mehrern kleinen Magneten im Innern der Erde uns hingeben dürfen, ob wir mit Hansteen magnetische Stäbe oder sogenannte Axen annehmen sollen, durch welche die magnetischen Pole der nördlichen und südlichen Halbkugel verbunden sind, oder ob es rathsam und dringlich sey, dem terrestrischen Magnetismus seinen Zusammenhang nur auf der sphärischen Oberfläche der Erde anzuweisen. Wenn auch der gründliche Physiker geneigt ist, derjenigen Vorstellungsart den Vorzug zu geben, welche am meisten eine mathematische Behandlung zuläſst, so wird er zugleich die Thatsachen nie aus den Augen verlieren und seine Theorie nur so lange festhalten, als sie mit jenen vereinbar bleibt; sie wird ihm immerhin den Dienst gewähren, einen Theil der Erscheinungen besser zu ordnen, und die Weigerung der Natur, den Dictaten der Theorie zu gehorchen, soll ihn nicht zum Aufgeben derselben, sondern nur zu ihrer Vervollständigung leiten, um so mehr, als sicher jede richtige Theorie des tellurischen Magnetismus der mathematischen Behandlung fähig seyn wird.

Die erste mathematische Entwickelung der Erscheinungen und Ursachen des terrestrischen Magnetismus verdanken wir einem Manne, der gewohnt war, alles von diesem Standpuncte aus zu erfassen, dem berühmten L. Euler, welchen Halley's Charte der magnetischen Abweichungen auf diesen Gegenstand geführt zu haben scheint[1]. Den letztern hatte seine reiche Sammlung eigner und fremder Beobachtungen zu der Annahme von vier magnetischen Polen geleitet und Euler, abgeschreckt durch die Schwierigkeiten einer so verwickelten Untersuchung, hielt sich für verpflichtet, einen Ver-

---

1 Hist. de l'Acad. roy. de Berlin. Ann. 1757. p. 175.

Digitized by Google

such zu machen, ob nicht die sämmtlichen Erscheinungen durch die Annahme zweier Pole sich erklären lieſsen. Hätte die Erde nur zwei magnetische Pole, so müſste (nach Halley) die Abweichung unter jedem Meridiane überall sich gleichbleiben, während sie z. B. in America in der Hudsonsbai bedeutend westlich, an der Küste von Brasilien merklich östlich ist.

Euler zeigt, daſs dieses nur dann der Fall wäre, wenn die beiden magnetischen Pole einander diametral gegenüberständen, und bemüht sich, die magnetische Abweichung für einen gegebnen Ort nach vier Voraussetzungen zu bestimmen; nämlich 1) für den Fall, wenn die magnetischen Pole einander diametral gegenüber stehn, 2) wenn sie in zwei entgegengesetzten Meridianen, aber in ungleichen Abständen von den Polen der Erde liegen, 3) wenn sie im nämlichen Meridiane auf der gleichen Erdhälfte und 4) in zwei verschiedenen Meridianen liegen.

Erster Fall. Die magnetischen Pole stehn einander diametral gegenüber.

Fig. 204. Es seyen P und P′ die beiden Erdpole, A und B die magnetischen Pole, L der Ort, für welchen die magnetische Abweichung δ bestimmt werden soll. Im angenommenen Falle sind die Bogen PLP′ und ALB gröſste Kreise; PA $=$ a bezeichne die Polardistanz des magnetischen Poles, PL $=$ p die Polardistanz des Ortes, die geographische Länge des erstern $=0$ gesetzt, so ist der Winkel APL $=$ der Längendifferenz des magnetischen Poles und des Beobachtungsortes $=$ q, und es findet sich im Dreieck PAL der Winkel L oder die magnetische Abweichung δ aus

$$\text{Tang.}\,\delta = \frac{\text{Sin. a . Sin. q}}{\text{Cos. a . Sin. p} - \text{Sin. a Cos. p . Cos. q}} \text{ oder,}$$

wenn man Tang. t $=$ Tang. a . Cos. q setzt,

$$\text{Tang.}\,\delta = \frac{\text{Tang. q . Sin. t}}{\text{Sin. (p} - \text{t)}}.$$

So lange q kleiner als 180° ist, bleibt δ positiv und nach der in dieser Figur gemachten Anordnung östlich, auf dem ganzen Meridiane PAP′B ist eine *Linie ohne Abweichung*, und dieser Meridian wird also die Erde in zwei Hemisphären theilen, auf deren einer nur östliche, auf der andern nur westliche

Digitized by Google

Abweichung statt findet. Sie behält also für jede Stelle eines gegebenen Erdmeridians einerlei Benennung, was den Beobachtungen in America widerspricht. Das Quantitative derselben ändert sich jedoch mit dem Polarabstande des Orts oder seiner geographischen Breite. Die Nadel wird sich nämlich durchgehends in die Ebene des gröſsten Kreises ALB legen, indem ihr Nordende von A, ihr Südende von B angezogen wird. Der Abweichungswinkel L in den Dreiecken PAL und P′BL wird demnach ein kleinster, wenn diese Dreiecke einander gleich werden, so daſs AL = BL, d. h. wenn der Abstand des Ortes L auf dem gegebenen Meridiane von den beiden Magnetpolen = 90° oder seine magnetische Breite = 0 wird. Alsdann ist

$$\text{Tang.}\,\delta = \frac{\text{Sin. a Sin. p. Sin. q}}{\text{Cos. a}} = \text{Tang. a Sin. p. Sin. q.}$$

Es muſs also auf der Erdkugel einen gröſsten Kreis geben, in welchem alle Puncte, die gleichweit von den beiden Magnetpolen abstehn, vereinigt sind und auf welchen die Abweichung für jeden Meridian ein Minimum wird; dieser ist der *magnetische Aequator*. Da man nun weiſs, daſs im Dreieck APL die Seite AL = 90° ist, so hat man

$$1 : \text{Sin. q} = \text{Sin. a} : \text{Sin.}\,\delta,$$

also

$$\text{Sin.}\,\delta = \text{Sin. a. Sin. q.}$$

Die Abweichung δ wird also am gröſsten, = a, wenn q = 90°, d. h. in demjenigen Meridiane, welcher auf denjenigen von q senkrecht ist, d. h. wenn die magnetische Länge des Orts 90 Grade beträgt.

Nennt man d die in einem gegebenen Meridiane POP′ stattfindende kleinste Abweichung, so daſs Sin. d = Sin. a. Sin. q ist, und zieht man AO = 90°, so ist, wenn man PO durch m und OL durch m — p bezeichnet, $\text{Tang.}\,\delta = \frac{\text{Tang. d}}{\text{Cos.(m—p)}}$, und die Abweichung ist in gleichen magnetischen Breiten OL und Ol die nämliche.

Im Pole Z des Kreises ohne Abweichung, 90° von M und Q, ist die gröſste Abweichung, die auf dem magnetischen Aequator statt findet. Sie ist gleich der Polardistanz a des Magnetpols und man hat, wenn p den Bogen OQ oder die magnetische Länge des Orts L bezeichnet,

$$\text{Tang. d} = \text{Tang. a. Sin. r.}$$

Im Meridiane, der durch Z geht, ist also allenthalben (mit Ausnahme von Z selbst) die Abweichung gröſser als a und in demjenigen, der durch L geht, gröſser als d. Die Linien gleicher Abweichung, nach Art der Halley'schen aufgetragen, würden alle für kleinere Werthe als a niemals den Meridian von Z und für kleinere Werthe als d niemals denjenigen von L schneiden.

Nach diesen allgemeinen Betrachtungen sucht Euler die Curven gleicher Abweichung für die drei Fälle zu bestimmen, wo die magnetische Abweichung δ entweder kleiner oder gleich oder gröſser als der Abstand des Magnetpols vom Erdpole ist. Für den ersten Fall ergiebt sich, daſs, je kleiner δ ist, desto mehr sich die vom Pol A ausgehende Abweichungslinie dem magnetischen Meridiane nähert; je mehr hingegen δ dem Werthe von a zugeht, desto mehr rückt das Mittel dieser Linie zur Mitte bei Z hin. Die Gestalt der Linien ändert sich nicht, wenn man das Zeichen von δ ändert, sondern dieses zeigt nur, daſs sich auf der andern Hemisphäre die nämliche Construction wiederhole. Sie gehn (so lange $\delta < a$) von dem einen Magnetpole aus und kehren am andern Ende in den entgegengesetzten natürlichen Pol zurück, ohne denjenigen Meridian zu erreichen, der durch die Mitte jener Halbkugel geht. Wohl zeigt sich, wenn man diese Linien construirt, in der Mitte eine Art Hervorragung, die immer zugespitzter wird, je mehr δ dem Werthe von a sich nähert. Wird $\delta = a$, so geht die Wölbung in einen zugespitzten Winkel über, der zuletzt eine förmliche Durchschneidung der magnetischen Linien zuwege bringt. Im zweiten Falle, wo $\delta = a$, geht die magnetische Curve von A aus unter einem Winkel mit dem magnetischen Meridiane $= a$, schwingt sich dann nach der Mitte um, durchschneidet die vom natürlichen Pol P ausgehende Linie in Z unter rechten Winkeln und kehrt in den entgegengesetzten Magnetpol B zurück. Die dritte Annahme, wo $\delta > a$, erzeugt Linien, die vom einen Magnetpol A zum nächsten Erdpole P übergehn; sie nähern sich dem Bogen A P
Fig. desto mehr, je gröſser der Werth von ϱ ist. Die Zeichnung
205. stellt diese drei Gattungen von Linien für die Fälle von $\delta < a$, $\delta = a$ und $\delta > a$ dar, wobei die Distanz der Magnetpole von den Erdpolen $= a$ zu 30° angenommen ist. A P', B P liefert die erstere, A Z B und P Z P' die zweite, A P und B P'

die dritte Gattung von Abweichungslinien. Die Abweichungen selbst sind alle gleichnamig.

Ein flüchtiger Blick auf eine Charte der Halley'schen Abweichungslinien zeigt, daſs die Annahme einer durch den Mittelpunct der Erde gehenden Magnetaxe den Erscheinungen selbst keineswegs genüge, obwohl im Allgemeinen die Gestaltung solcher Linien und ihre Wanderung von der nördlichen zur südlichen Halbkugel eine entfernte *Aehnlichkeit* mit Halley'schen Linien darbietet, die wenigstens die Vorstellung von Wirkungen, die aus dem Innern der Erde gehn, einigermaſsen zu rechtfertigen scheinen. Die Verbindung dieser Linien mit den Erdpolen ist offenbar nur ein Erzeugniſs der mathematischen Entwickelung, sowie auch der Umstand, daſs die Abweichungen einer Halbkugel alle nur östlich oder westlich ausfallen, das Unvollständige der Theorie genugsam zu erkennen giebt.

Zweiter Fall. Die zwei magnetischen Pole stehn einander nicht diametral gegenüber, befinden sich jedoch in entgegengesetzten Meridianen.

Euler geht hier von dem Grundsatze aus, daſs die Richtung der Nadel überall dem kleinern Kreise folge, welcher durch die beiden Magnetpole und den Ort des Beobachters geht. Er abstrahirt von einer Magnetaxe, deren an der Oberfläche der Erde durchbrechende Enden als die Magnetpole anzusehn wären, und will die letztern nur dadurch bestimmt wissen, daſs in denselben die magnetische Richtung vertical sey, so daſs an diesen Stellen die horizontale Abweichung auſser Betracht fällt. Wenn nun die Abstände der beiden Magnetpole von den nächsten Erdpolen AP und BP' durch a Fig. 206 und b bezeichnet werden, L den Beobachtungsort und OQ ein Stück des magnetischen Aequators vorstellt, die Polardistanz des Orts PL durch p, seine magnetische Meridiandifferenz QPL durch q ausgedrückt wird, so erhält Euler für die Abweichung δ im Puncte L

$$\text{Tang.}\,\delta = \frac{\left(\text{Sin.}\frac{a-b}{2}\,\text{Cos.}\,p + \text{Sin.}\frac{a+b}{2}\right)\text{Sin.}\,q}{\text{Cos.}\frac{a+b}{2}\,\text{Sin.}\,p - \text{Sin.}\frac{a+b}{2}\,\text{Cos.}\,p\,.\,\text{Cos.}\,q - \text{Sin.}\frac{a-b}{2}\,\text{Cos.}\,q}$$

Die Abweichung wird also hier positiv, so lange q positiv

genommen wird, und dieses findet statt, auch wenn Cos. p negativ würde. Sie ist alſo, wie früher für eine ganze Hemisphäre, gleichnamig, östlich oder westlich, und es giebt nur eine Linie ohne Abweichung, nämlich den Meridian PAQP′B.

Die Construction der Curven gleicher Abweichung bietet mehr Schwierigkeiten dar, als im vorigen Falle. In der Zeichnung selbst wird die Gestaltung der vorigen ähnlich, nur wird die Abweichung der Linie, welche von einem Magnetpole zum jenseitigen Erdpole sich hinzieht, $= 14° 9', 5$, wenn nämlich der Polarabstand des nördlichen Magnetpuncts $a = 10°$, der des südlichen $b = 20°$ gesetzt wird, da sie im vorigen Falle dem Polarabstande von 30° gleich war.

In dem Maſse, als BP′ gröſser ist, erweitern sich auch die vom südlichen Pole ausgehenden Abweichungslinien. Setzt man den Polarabstand des südlichen Magnetpuncts $= 0$, so Fig. 207. daſs er in den Erdpol selbst fällt, so erhält man die Figur, in welcher alle Abweichungslinien nur durch die Puncte A und P gehn, so daſs B ganz auſser dem Spiele bleibt.

Dritter Fall. Die beiden Magnetpole liegen auf einerlei Hemisphäre oder im nämlichen Meridiane.

Da hier nur die Bedeutung des südlichen Polarabstandes b sich ändert, so verwandelt sich die obige Formel in folgende:

$$\text{Tang. } \delta = \frac{\left(\text{Sin.}\frac{a+b}{2}.\text{Cos. p} + \text{Sin.}\frac{b-a}{2}\right)\text{Sin. q}}{\text{Cos.}\frac{b-a}{2}\text{Sin. p} + \text{Sin.}\frac{b-a}{2}.\text{Cos. p Cos. q} - \text{Sin.}\frac{a+b}{2}\text{Cos. q}}$$

Wird der Polarabstand p des Beobachtungsortes so groſs, daſs $\text{Cos. p.} = \frac{\text{Sin.}\frac{1}{2}(b-a)}{\text{Sin.}\frac{1}{2}(b+a)}$ ist, so verschwindet die Abweichung δ und wird, wenn p ferner zunimmt, negativ. Wir haben alſo hier eine von der frühern ganz verschiedene Vertheilung der magnetischen Linien, indem auf der nämlichen Hemisphäre die Nadel bald östlich, bald westlich abweichen kann. Euler triumphirt hier über Halley, daſs man, auch ohne vier Pole annehmen zu müssen, doch erklären könne, wie unter demselben Meridiane die Nadel bald östlich, bald westlich abweichend sey.

Digitized by Google

Es giebt alſo in diesem Falle auſser dem Meridiane, der durch die beiden Magnetpole geht, noch eine andere Linie, wo die Abweichung Null wird. Auf ihr befinden sich alle die Stellen, wo der Polarabstand p des Orts dem eben angeführten Werthe gleich wird. Sie fällt mit dem magnetischen Aequator zusammen, wenn die Abstände a und b der magnetischen Pole gleich sind, und bildet einen Parallelkreis mit demselben im Falle der Verschiedenheit. Dieser liegt nördlich, wenn $a < b$ ist, und südlich im umgekehrten Falle. Die nämliche Anordnung der magnetischen Linien findet auch auf der jenseitigen Halbkugel statt, nur mit umgekehrter Bedeutung, und da wir für einen positiven Werth von δ die Abweichung östlich angenommen haben, so wäre dieselbe auf der in der Figur erscheinenden Nordhälfte der Erde nördlich, auf der Südhälfte und ebenso auf der jenseitigen Halbkugel in der Nordhälfte südlich. Euler zeigt, daſs im gegenwärtigen Falle die Halley'schen Curven Linien dritter Ordnung seyen, und giebt die Formeln, um für einen gegebnen Werth von δ den zugehörigen Polarabstand p des Orts und seine Meridiandifferenz mit dem magnetischen Meridiane oder den Winkel q zu finden. Eine hiernach berechnete Tafel zeigt, daſs die Intervalle der Abweichungslinien mit zunehmender Declination sich verengen, so daſs man im Stande wäre, aus einigen Beobachtungen von starker Abweichung die Entfernung des Magnetpols vom Erdpole zu bestimmen, nämlich unter der hier gemachten Voraussetzung, daſs beide Magnetpole in einerlei Meridiane sich befinden. Fig. 208

Vierter Fall. Die beiden Magnetpole in zwei verschiedenen Meridianen liegend.

Es sey, wie bisher, $AP = a$, $BP' = b$, ferner der Winkel, den die beiden Meridiane der magnetischen Pole bilden, $APB = \gamma$. Man verbinde beide Pole durch einen gröſsten Kreis AB, halbire ihn in C und setze $CA = CB = c$. Man ziehe ferner durch C den Meridian $CP = d$ und mache den Winkel $ACP = e$. Mit diesen Voraussetzungen gelangt Euler zur Bestimmung der Abweichung δ auf folgende Formel: Fig. 209.

$$\text{Tang.}\,\delta = [\text{Cos. d. Sin. q} + \text{Cos. p. Cos. c. Sin. q} + \text{Tg. e. Cos. q} - \text{Cos. c. Tg. e} (\text{Sin. d. Sin. p} + \text{Cos. d. Cos. p. Cos. q})] : [\text{Sin. d. Sin. p} + \text{Cos. d. Cos. p. Cos. q} - \text{Cos. c. Cos. q} + \text{Tang. e. Cos. p. Sin. q} - \text{Cos. c. Cos. d. Tg. e. Sin. q}].$$

Euler zeigt, wie man die Gröſsen c, d und e aus a, b und γ ableiten könne und umgekehrt, ebenso wie man die Lage eines Ortes L finden könne, welchem eine gewisse Abweichung δ zukommt. Mit Hülfe der letztern Formel berechnet er für $\delta = 0^\circ$; 5°; 10°; 15° östliche und westliche Abweichung und für die Längen q von 0° bis 180° die zugehörigen Polardistanzen p der Orte L. Er erhält hierdurch eine Menge von Puncten zur Entwerfung einer magnetischen Charte, die, wie er glaubt, die Halley'schen Linien noch genauer nachahmen würde, wenn man bessere und vollständigere Beobachtungen hätte und besonders die Lage der magnetischen Pole bestimmter anzugeben wüſste. Was ihn jedoch in einige Verlegenheit setzt, ist die groſse Entfernung, in welcher nach Halley die Linien ohne Abweichung vom Aequator zu liegen kommen. Er schreibt dieses zum Theil dem Umstande zu, daſs Halley bei der Construction seiner Charte aus Mangel an Subsidien auch Beobachtungen zu Hülfe nehmen muſste, die von der angenommenen Epoche von Jahr 1700 merklich entfernt waren. Besser stimmen, glaubt er, mit seiner Theorie eine von Mountaine und Dodson im Jahr 1744 herausgebene magnetische Charte. Doch miſsfällt ihm daselbst die Richtung, welche die Linie ohne Abweichung im östlichen Asien nimmt; sie durch Japan zu ziehn sey unzulässig, da sie nach richtigen Beobachtungen durch Sibirien gehe. (Was hätte wohl Euler zu den neuesten Beobachtungen gesagt, die eine Linie ohne Abweichung von Süden nach Norden gehend aufstellen?) Noch führt er an, daſs eine von ihm entworfene Charte, in welcher $a = 14^\circ$, $b = 35^\circ$ und $\gamma = 63^\circ$ angenommen wurde, derjenigen von 1744 ziemlich nahe gekommen sey, noch besser aber falle sie aus, wenn man a auf 17°, b auf 40° und γ auf 63° festsetze.

Wir haben diesen kurzen Abriſs von Euler's Theorie hier aufgenommen, weil sie, als ein erster Versuch in einer so schwierigen Aufgabe, in der Geschichte des terrestrischen Magnetismus selbst dann noch einen Platz zu verdienen schien, wenn sie als miſslungen anzusehn wäre. Wirklich geht, wenn

wir auch die Frage, ob die Erde nur zwei oder vier magnetische Pole habe, auf sich beruhn lassen, das Ungenügende dieser Auffassung des Gegenstandes schon daraus hervor, daſs die Linien gleicher Abweichung vom magnetischen Pole ausgehend in den Erdpol convergirend übergehn müssen, gleichsam als wenn der Magnetismus mit der Rotation der Erde etwas gemein hätte oder der Erdpol nicht ein bloſs geographischer, sondern ein physikalischer Punct auf der Erdoberfläche wäre.

In einer spätern Abhandlung[1] gab Euler unter der Aufschrift *Corrections nécessaires à la théorie de la déclinaison magnétique* eine Erweiterung der bisher von ihm aufgestellten Sätze, wobei er, der Annahme von bloſs zwei Polen getreu, dieselben in ungleichen Meridianen und Polarabständen voraussetzt. Immer bemüht, Halley's vier magnetische Pole entbehrlich zu machen und das Unzulängliche seiner Theorie zu rechtfertigen, leitet ihn sein Scharfsinn auf die Bemerkung, daſs die Richtung der horizontalen Nadel nur dann auf die magnetische Erdaxe hinweise, wenn entweder die Neigung Null ist oder die Ebene, welche durch die beiden Magnetpole und den Beobachtungsort gelegt wird, mit dem Horizonte des letztern einen rechten Winkel bildet. Es sey nämlich C der Fig. 210.
Mittelpunct der horizontalen Nadel, SIMN der Horizont und SN die Richtung des Meridians. Denkt man sich nun die Nadel um ihren Schwerpunct C frei beweglich, so wird sie die Richtung CL annehmen, so daſs der Punct L in der Ebene CLM sich befindet, welche vom Centrum der Nadel aus durch die beiden Magnetpole gelegt wird, deren Richtung in dem Bogen ML sich darstellt. Wird nun die Nadel an ihrem erhobenen Ende so lange mit Gewichten beschwert, bis sie horizontal liegt, so wird ihr Ende L durch den Verticalkreis LI sich erheben, und sie wird in der Linie CI zur Ruhe kommen, während der horizontale Theil ihrer ursprünglichen Richtung durch CM ausgedrückt wird. Man wird also für die Abweichung den Bogen IN statt MN erhalten. Der Unterschied IM oder die Verbesserung dieser Abweichung findet sich im sphärischen Dreiecke MIL aus $\text{Sin.}\,IM = \frac{\text{Tang.}\,IL}{\text{Tang.}\,MIL}$

1 Hist. de l'Acad. de Berlin. 1766. p. 213.

und diese Correction wird desto gröſser ausfallen, je gröſser die magnetische Neigung und je kleiner der Winkel ist, den die magnetische Ebene mit dem Horizonte macht.

Wäre dieses der Fall, so würde es allerdings um unsere Bestimmung der magnetischen Pole aus Abweichungsbeobachtungen schlecht aussehn, weil dazu gerade solche Puncte gebraucht werden, bei denen wegen ihrer Nähe zum Pole die Neigung bedeutend ist. Allein Euler's Räsonnement, welches offenbar nur die Fehler seiner Charte entschuldigen und die Annahme der zwei Pole retten sollte, ist illusorisch und bezieht sich nur auf eine Nadel, die in ihren Seitenbewegungen gehemmt ist, wie z. B. die eines Inclinatoriums. Eine ganz bewegliche Nadel hingegen wird noch immer von der magnetischen Kraft in die Ebene MN gezogen werden und ihr nördliches Ende wird, bei der Belastung des südlichen nicht im Verticalkreise LI, sondern im Bogen LM ansteigen und dem Drucke des Gegengewichts, sowie dem magnetischen Zuge gehorchend in der Richtung CM sich festsetzen. Immerhin möchte diese Bemerkung bei Beobachtung der stündlichen Veränderungen der Abweichung ihre Anwendung finden, wenn eine durch die Lufttemperatur bewirkte Veränderung der Intensität die Abweichungsnadel aus ihrer horizontalen Lage gebracht hätte. Euler selbst macht indeſs von seiner Bemerkung keinen Gebrauch, weil nicht nur die Untersuchung verwickelter, sondern auch wegen Mangels an Neigungsbeobachtungen unmöglich wird. Dagegen theilt er verschiedene zu einer Theorie des Erdmagnetismus gehörige Sätze und Aufgaben mit, um, wie er sagt, in dieser kitzlichsten aller bisher gemachten Untersuchungen doch wenigstens etwas vorwärts zu dringen. Er legt hierbei die Vorstellung einer wirklichen *magnetischen Axe* im Innern der Erde zum Grunde und schickt folgende Definitionen voraus.

1) Die magnetische Axe ist eine gerade Linie, welche von einem magnetischen Pole der Erde zum andern gezogen ist. Sie geht, wenn diese Pole einander diametral gegenüberstehn, durch das Centrum der Erde, oder bildet, im entgegengesetzten Falle, eine Chorde, die um so kleiner ist, je weiter sie vom Mittelpuncte absteht.

Fig. 211. 2) Die Mitte D dieser Axe AB heiſst das magnetische Centrum.

3) Der magnetische Aequator ist ein gröſster Kreis, auf dessen Ebene die magnetische Axe senkrecht ist. Er geht also sowohl durch das magnetische Centrum, als auch durch das Centrum der Erde. Seine Pole (insofern nicht jene Axe durch den Mittelpunct der Erde geht), sind verschieden von den eigentlichen Magnetpolen und befinden sich an den Enden eines Diameters ab, der durch die Kugel parallel mit der magnetischen Axe gezogen ist.

4) Der magnetische Diameter ist die Linie EF, welcher senkrecht die Mitte D der Axe durchschneidet; er liegt also im magnetischen Aequator.

5) Der erste magnetische Meridian ist derjenige gröſste Kreis, welcher sowohl durch die Magnetpole A, B, als auch durch die Pole a, b des magnetischen Aequators geht. Seine (hier ungleichen) Theile sind die Bogen AFB und AEB.

6) Jede Ebene, welche durch die Magnetaxe gehend die Kugel durchschneidet, bildet auf dieser einen magnetischen Meridian. Mit Ausnahme des ersten Meridians sind alle übrige kleinere Kreise der Kugel. Es sey AeB ein solcher Kreis, der vom magnetischen Aequator in e durchschnitten wird, so zeigt das Bogenstück Ee seinen Abstand vom ersten Meridiane, das aber keineswegs als das Maſs dieser Meridiandifferenz anzusehn ist. Ebenso liefert der Winkel EAe, den jene Kreise oder ihre Tangenten in A bilden, eine neue Bestimmung für die Lage des Meridians AeB, und endlich ist diese noch auf den Winkel zu beziehn, der in a und b von den durch e und E gezogenen Kreisen eingeschlossen wird. Diese drei Data sind dergestalt von einander abhängig, daſs, wie weiterhin gezeigt werden wird, aus je einem derselben die beiden übrigen sich bestimmen lassen.

Euler beschäftigt sich nun zunächst mit den hierauf bezüglichen Problemen und zeigt, wie aus der gegebenen Lage der Magnetpole A und B und der Neigung eines Meridians AeB gegen den ersten Meridian AEB der Radius jenes Meridians, die Zahl der Grade, die er faſst, und der Winkel EAe zwischen beiden gefunden werden könne. Bezeichnet man nämlich die Neigung der beiden Meridiane durch φ, den zwischen ihnen liegenden Bogen des Aequators oder den Winkel ECe mit ψ und den Winkel an den Polen EAe mit ω, den Winkel ACa, dessen Sinus die Entfernung der

Digitized by Google

Magnetaxe vom Centrum der Kugel $=$ CD ausdrückt, mit α, so ist

$$\text{Sin.}(\psi - \varphi) = \text{Sin.}\,\alpha\,\text{Sin.}\,\varphi \text{ und Tang.}\,\omega = \text{Cos.}\,\alpha\,.\,\text{Tang.}\,\varphi.$$

Mit den nämlichen Bezeichnungen erhält man für die Neigung des magnetischen Meridians gegen den Horizont eines gegebenen Orts L, die wir $= \eta$ setzen wollen, folgende Relationen:

$$\text{Cos.}\,\eta = \text{Sin.}\,\alpha\,.\,\text{Sin.}\,\varphi;\ \text{Tang.}\,\eta = \frac{1 + \text{Sin.}\,\alpha\,.\,\text{Cos.}\,\psi}{\text{Sin.}\,\alpha\,.\,\text{Sin.}\,\psi};$$

$$\text{Tang.}\,\varphi = \frac{\text{Cos.}\,\alpha}{\text{Sin.}\,\alpha\,.\,\text{Sin.}\,\omega}.$$

In seinen frühern Untersuchungen hatte Euler nur auf das Phänomen der Abweichung Rücksicht genommen. Um auch dasjenige der Neigung aufzunehmen, greift der um Aushülfe nie verlegene Analyst eine Hypothese auf, durch welche die Richtung der freischwebenden Nadel gleichsam mit einem Wurfe bestimmt wird und die ihm dann zu vielen hiervon abhängigen Problemen den Weg öffnet. Sie besteht in Folgendem.

Fig. 212. „In jedem gegebenen Orte L ist die magnetische Richtung LM von der Beschaffenheit, daſs sie mit der vom Beobachter nach der Mitte der Magnetaxe gezognen Linie den nämlichen Winkel bildet, welcher von ebendieser Linie und der Magnetaxe selbst eingeschlossen wird, dergestalt, daſs DLM $=$ LDM.“

Setzt man CL $=$ r, BD $=$ AD $=$ a, DC $= r(r^2 - a^2) =$ s, DL $=$ u und den Winkel LCe oder die magnetische Breite des Orts $= \lambda$; so erhält man nach den gehörigen Substitutionen:

$$\text{Sin.}\,\tfrac{1}{2}\,\text{TLM} = \frac{(r - s)\,\text{Sin.}\,\frac{1}{2}\lambda}{u} \text{ und Cos.}\,\tfrac{1}{2}\,\text{TLM} = \frac{(r + s)\,\text{Cos.}\,\frac{1}{2}\lambda}{u},$$

$$\text{also Tang.}\,\tfrac{1}{2}\,\text{TLM} = \frac{r - s}{r + s}\,\text{Tang.}\,\tfrac{1}{2}\lambda.$$

Man findet also leicht, wenn die Magnetaxe bekannt ist, für einen gegebenen Ort die zugehörige Neigung. Schon die Figur und auch die Formel lehrt, daſs in e, d. h. im magnetischen Aequator, die Direction LM mit der Magnetaxe parallel, also horizontal wird und daſs die Neigung zunimmt, je mehr der Punct L dem Orte B sich nähert; dort also fällt sie mit der Axe selbst zusammen und bildet mit der Verticale einen Winkel, dessen Sinus der Abstand des magnetischen Cen-

trums D vom Mittelpuncte C des magnetischen Meridianes ist. Jenseits B und ebenso jenseits A giebt es eine Stelle i oder i′, wo die Nadel nach C hingeht, also vertical ist, und mithin kann man, wenn diese beiden Stellen bekannt sind, die Lage der Magnetaxe selbst bestimmen. Euler hält es nicht für allzuschwierig, an eine solche Stelle zu gelangen, und findet, daſs man da nicht einmal eines Inclinatoriums bedürfe, indem bekanntlich da, wo die Neigung 90° ist, die horizontale Direction aufhört, man mithin aus der Veränderlichkeit oder Thätigkeit des Compasses schon schlieſsen könne, daſs man auf einem solchen Fleck sich befinde. Diese Unentschiedenheit der Boussole werde schon in einer beträchtlichen Entfernung von jenem Puncte sich einstellen; es sey jedoch leicht, den Mittelpunct dieser Region zu finden, auch bedürfe es keiner groſsen Genauigkeit. Dem gewandten Analysten ist es nun ein Leichtes, unter den gemachten Voraussetzungen die magnetische Abweichung für jeden Ort der Erde, ebenso dessen magnetische Länge und Breite und andere hiervon abhängige Aufgaben zu bestimmen, und er findet, daſs, wenn man diese Puncte i und i′, wo die Nadel senkrecht ist, den eigentlichen Magnetpolen substituire, seine frühere Theorie vollkommen richtig sey. Die letztere Art der Auffassung habe vor jener den Vorzug, daſs aus dieser nicht bloſs die Abweichung, sondern auch die Neigung sich ableiten lasse. Freilich beruhe hier alles auf der Richtigkeit der oben angeführten Hypothese über die Gleichheit der Winkel D und L im Dreiecke DML; sollte diese fallen, so hätte man sich gar nicht zu verwundern, wenn seine Bestimmungen unwahr befunden würden.

Nach einer kurzen Digression über die sogenannten *routes magnétiques* (d. h. solche Linien auf der Erdoberfläche, deren Tangenten an jedem Orte die Richtung der Boussole angeben und die er für die Darstellung der magnetischen Erscheinungen den Halley'schen Linien vorzieht), kehrt Euler zu der ursprünglichen Aufgabe zurück, bei bekannter Lage der Magnetpole aus der geographischen Länge und Breite eines Orts dessen magnetische Länge und Breite und die dortige Abweichung zu finden.

Wiederum zeigt er, wie aus den beobachteten westlichen Abweichungen ω, ω', ω'' ... mehrerer Orte, deren Polardistanz p und westliche Länge q bekannt sey, die Lage der

Digitized by Google

Magnetpole und die Abweichung für alle übrige Orte der Erde sich ableiten lasse, und gelangt auf folgende Endgleichung:

$$\mathrm{Tg.}\,\omega = (a.\mathrm{Sin.}p + f.\mathrm{Cos.}p\,\mathrm{Cos.}q + g\,\mathrm{Cos.}p\,\mathrm{Sin.}q - h\,\mathrm{Sin.}q - k\,\mathrm{Cos.}q)$$
$$:(b.\mathrm{Sin.}p - f\,\mathrm{Sin.}q + g\,\mathrm{Cos.}q - h\,\mathrm{Cos.}p\,\mathrm{Cos.}q - k\,\mathrm{Cos.}p\,\mathrm{Sin.}q),$$

wobei $ab = fh + gk$. Schon vier Beobachtungen reichen daher hin, die Coefficienten a, b, f, g, h, k zu bestimmen. Bei Anwendung mehrerer hinreichend von einander entfernter Beobachtungen werden jedoch die Resultate genauer und die Gleichung für ab kann zur Verification und zur Ausgleichung der den Seebeobachtungen immer anklebenden Fehler dienen. Zur Probe stellt Euler aus dem funfzigsten Bande der Philos. Transactions funfzehn Orte zusammen, wo im J. 1756 die Declination = 0 war, wodurch sich die Gleichung

$$0 = a\,\mathrm{Sin.}\,p - b.\mathrm{Sin.}\,p.\mathrm{Tang.}\,\omega + f(\mathrm{Cos.}\,p\,\mathrm{Cos.}\,q + \mathrm{Sin.}\,q.\mathrm{Tg.}\,\omega)$$
$$- h(\mathrm{Sin.}\,q - \mathrm{Cos.}\,p.\mathrm{Cos.}\,q\,\mathrm{Tang.}\,\omega) + g(\mathrm{Cos.}\,p.\mathrm{Sin.}\,q - \mathrm{Cos.}\,q.\mathrm{Tang.}\,\omega)$$
$$+ k(\mathrm{Cos.}\,q. + \mathrm{Cos.}\,p.\mathrm{Sin.}\,q.\mathrm{Tang.}\,\omega)$$

in folgende verwandelt:

$$0 = a\,\mathrm{Sin.}\,p + f.\mathrm{Cos.}\,p.\mathrm{Cos.}\,q + g\,\mathrm{Cos.}\,p.\mathrm{Sin.}\,q - h\,\mathrm{Sin.}\,q + k\,\mathrm{Cos.}\,q.$$

Die Complemente der Breiten gehn in diesen Beobachtungen vom 60sten bis 120sten Grade, und wenn man die unter dem Aequator zuerst nimmt, so hat man wegen $p = 90°$

$$a - h\,\mathrm{Sin.}\,q + k\,\mathrm{Cos.}\,q = 0.$$

Die schlechte Uebereinstimmung der gefundenen Resultate veranlaſst Euler noch mit einigen Beobachtungen aus der Hudsonsbai sein Heil zu versuchen, in welchen bedeutende Declinationen vorkommen. Allein auch diese gewähren keine Befriedigung und sind weit davon entfernt, die Bedingung, daſs $ab = fh + gk$ sey, zu erfüllen. Seine Gegner, bemerkt Euler, werden nicht ermangeln, aus der Nichtbestätigung seiner Theorie den Schluſs zu ziehn, daſs man dennoch zu den vier magnetischen Polen zurückkehren müsse. Dazu sey aber noch kein Bedürfniſs vorhanden; man könne eine hinreichende Verbesserung dadurch erhalten, wenn man annehme, daſs das magnetische Centrum sich nicht gerade in der Mitte der magnetischen Axe befinde, wie er zur Vereinfachung der Rechnung angenommen habe. Eine Versetzung dieses Centrums scheine ihm sehr nothwendig und naturgemäſs, obgleich dadurch die Berechnung bedeutend schwieriger werde; der Ge-

genstand selbst sey jedoch wichtig genug, um keine Mühe zu seiner Erforschung zu scheuen.

Euler's Theorie wurde nachher von Tobias Mayer wieder aufgenommen, der an die vierte jener Voraussetzungen sich hielt, nach welcher die magnetischen Pole in zwei verschiedenen Meridianen und in ungleichen Abständen vom Pole sich befinden. Er bestimmte hieraus die Richtung der freischwebenden Nadel nach einer Hypothese, bei welcher auch die Stärke der Anziehung in Betracht kam. Gleich Euler verband er die zwei Magnetpole der Erde durch eine gerade Linie als Axe, deren Mitte er als das Centrum der magnetischen Wirksamkeit annahm und dessen Kraft auf einen Punct an der Oberfläche der Erde er dem Cubus der Distanz umgekehrt proportional setzte. Nach neuen Formeln, die er hierauf gründete, und mit Bestimmung der nöthigen Constanten aus neuen Beobachtungen berechnete er sodann die Abweichung und Neigung für verschiedene Orte der Erde, welche, dem Berichte zufolge, den die Göttinger gelehrten Anzeigen von seiner Arbeit geben, mit den damaligen Beobachtungen gut übereinstimmten. Auch er nahm, wie Euler, an, daſs die Lage dieses magnetischen Centrums an der Axe, so wie diese Axe selbst, veränderlich sey, wodurch dann die Wanderung der Magnetpole und die Veränderlichkeit der magnetischen Abweichung und Neigung erklärt werden sollte. Der Einbuſse, den die Wissenschaft durch das Verlorengehn jener umfassenden Arbeit erlitten hat, ist bereits oben (IX. Ausbreitung des Magnetismus) Erwähnung geschehn.

Das sechste Decennium des vorigen Jahrhunderts hatte sich für die Lehre vom Magnetismus besonders fruchtbar erwiesen; denn in dieses fallen, auſser den Untersuchungen der drei angeführten Geometer, auch die Forschungen Wilke's, welcher im J. 1766 die erste Neigungscharte construirte[1], und die Reisebeobachtungen des Schwedischen Seefahrers Ekeberg[2]. Gleichzeitig begannen auch die berühmten Expeditionen des in den Annalen der Nautik unsterblichen Cook, wel-

1 Schwed. Abh. v. J. 1768.

2 Capt. Carl Gust. Ekeberg's Ostindiska Resa etc. Stockholm 1773. Deutsch: C. G. Ekeberg's Ostind. Reise in d. J. 1770 und 71. Herausgeg. v. Joh. Bernoulli. 1785.

Digitized by Google

che ihren Nachfolgern, La Perouse, Van Couver und D'Entrecasteau, das schönste Beispiel wissenschaftlicher Thätigkeit aufstellten.

Um die nämliche Zeit trug auch Le Monnier durch ein eigenes Werk, in welchem er mehrere Beobachtungen gesammelt darbot und die Abweichungscharte von Halley, sowie die Neigungscharte von Wilke reproducirte[1], das einige dazu bei, die Aufmerksamkeit des Publicums auf diesen Gegenstand rege zu erhalten. Die Theorie jedoch trat erst im neuen Jahrhunderte wieder hervor, als Biot im J. 1804 A. v. Humboldt's magnetische Reisebeobachtungen commentirte. Nach einer allgemeinen Digression über die damals noch wenig in Ausübung gebrachte Methode der Oscillationen und ihrer Resultate für die Intensität beschäftigt sich Biot mit der Darstellung der Neigungsbeobachtungen, indem er diejenige der Abweichungen als allzuverwickelt bei Seite läſst. Er geht hierbei von der Bestimmung des magnetischen Aequators aus, dessen Lage er aus zwei Beobachtungen von v. Humboldt und La Perouse ableitet. Auf diesen bezieht er alsdann die durch v. Humboldt gemachten Beobachtungen und reducirt ihre geographische Position auf magnetische Längen und Breiten. Indem er den magnetischen Aequator als einen regelmäſsigen gröſsten Kreis ansieht, was bei der geringen Zahl der damaligen Beobachtungen zulässig scheinen konnte, nimmt er in der Axe desselben in gleichen Entfernungen vom Mittelpuncte der Erde zwei Centra anziehender und abstoſsender Kräfte, ein südliches und ein nördliches, an, welche die Magnetpole der Erde vorstellen. Unter der Voraussetzung, daſs die magnetischen Kräfte im umgekehrten Verhältniſs der Quadrate der Entfernungen wirken, berechnet er dann die mittlere Senkung, welche der Nadel an einem gegebenen Orte zukommt.

Fig. 213. Es bezeichne nämlich A den südlichen, B den nördlichen Magnetpol und C den Mittelpunct der Erde; in M befinde sich die Nadel an der Oberfläche. Man fälle aus M das Perpendikel MP auf die Axe des magnetischen Aequators und mache $CM = r$, $AM = s$, $BM = n$, $CP = x$, $MP = y$, den

1 Lois du Magnétisme comparées aux Observ. etc. Paris. 1776. 8. und auch in s. Mém. concernant div. questions d'Astron., de Navigation et de Phys. Paris 1784. 4.

Digitized by Google

Winkel MCP $=$ u und CA $=$ CB $=$ a $=$ Kr, so daſs K eine beständige Gröſse $= \frac{a}{r}$ bedeute. X und Y bezeichnen die Kräfte, welche das Theilchen M parallel mit den Axen der x und der y sollicitiren, und β den Winkel, welchen die Richtung der aus beiden entspringenden mittlern Kraft mit der Axe ABD des magnetischen Aequators (und also auch mit der Axe der x) macht, so daſs $\frac{y}{x} = \text{Tang.}\,\beta$ ist. Man hat nun, wenn F die magnetische Kraft in der Entfernung $= 1$ bedeutet, folgende Gleichungen:

$$X = \frac{F.\text{Cos.}\,MBD}{s^2} - \frac{F.\text{Cos.}\,MAD}{n^2}$$

$$Y = \frac{F.\text{Sin.}\,MBD}{s^2} - \frac{F.\text{Sin.}\,MAD}{n},$$

oder, wenn man die Sinus und Cosinus durch ihre rechtwinkligen Coordinaten ausdrückt,

$$X = \frac{F.(x-a)}{s^3} - \frac{F.(x+a)}{n^3},$$

$$Y = \frac{F.y}{s^3} - \frac{F.y}{n^3},$$

also auch wegen $\text{Tang.}\,\beta = \frac{Y}{X}$

$$\text{Tang.}\,\beta = \frac{y(n^3-s^3)}{x(n^3-s^3)-a(n^3+s^3)}$$

oder, da $x = r.\text{Cos.}\,u$, $y = r.\text{Sin.}\,u$, $a = Kr$ ist,

$$\text{Tang.}\,\beta = \frac{\text{Sin. u}}{\text{Cos.}\,u - K.\left(\frac{n^3+s^3}{n^3-s^3}\right)} \qquad \text{(I)}$$

Nun aber ist

$$n^2 = y^2 + (x-a)^2 = r^2 - 2ax + a^2$$
$$= r^2(1 - 2K.\,\text{Cos.}\,u + K^2),$$
$$s^2 = y^2 + (x+a)^2 = r^2 + 2ax + a^2$$
$$= r\,(1 + 2K.\text{Cos.}\,u + K^2).$$

Setzt man $(1 + 2K.\,\text{Cos.}\,u + K^2) = M$
und $(1 - 2\,K.\text{Cos.}\,u + K^2) = N$,
so ist

$$K\left(\frac{n^3+s^3}{n^3-s^3}\right) = \frac{M^{\frac{3}{2}}+N^{\frac{3}{2}}}{M^{\frac{3}{2}}-N^{\frac{3}{2}}}K. \qquad \text{(II)}$$

Digitized by Google

Aus diesen beiden Gleichungen erhält man die Richtung der Nadel in jedem Puncte M, dessen Abstand vom magnetischen Meridiane bekannt ist. Diese Richtung ist jedoch nicht allein vom Winkel u am Mittelpuncte der Erde, sondern auch von der Gröſse K abhängig, d. h. von der Entfernung der beiden Magnetpole vom Mittelpuncte der Erde, in Theilen des Erdhalbmessers ausgedrückt.

Biot berechnet nun nach seiner Formel die magnetische Neigung für einen gegebenen Punct M unter verschiedenen Voraussetzungen von K, das er successiv

$$= 1;\ 0{,}6;\ 0{,}5;\ 0{,}2,\ 0{,}1;\ 0{,}01;\ 0{,}001 \text{ setzt.}$$

Er wählte hierzu die Beobachtung Humboldt's vom Julius 1800 zu Carrichana unter 6° 34′ nördl. Breite und 70° 18′ westl. Länge von Paris (folglich unter 14° 52′ nördl. magnet. Br. und 48° 22′ östl. magnet. Länge vom östl. Knoten abgerechnet und erhält nach der Centesimaleintheilung der Grade folgende Fehler:

Angen. Werthe von K	Fehler	Angen. Werthe von K	Fehler
1	26°,04	0,1	3°,13
0,6	14,97	0,01	2,73
0,5	11,73	0,001	2,7
0,2	4,39		

Die berechneten Inclinationen sind alle merklich geringer, als die Beobachtung (33°,78) ergab. Setzt man (wie in $K=1$) die Magnetpole an die Oberfläche der Erde, so erhält man nur 7°,73 Neigung und der Gang der Fehler zeigt, daſs erst mit dem Verschwinden von K eine Uebereinstimmung mit der Beobachtung zu erhalten ist. Man kommt hierdurch zu dem seltsamen Schlusse, daſs die Pole des in der Erde befindlichen Magnets dem Centrum der Erde unendlich nahe seyen oder daſs vom Centrum selbst diese dirigirende Kraft ausgehe. Setzt man in der obigen Formel (II) $K=0$, so scheint ihr Werth $=\frac{0}{0}$; wendet man indeſs auf diesen Fall die bekannten Methoden an, so findet sich, daſs derselbe dennoch reell und bestimmt ist; er wird nämlich $=\frac{1}{3.\text{Cos. } u}$, und somit wird

$$\text{Tang.}\,\beta = \frac{\text{Sin. u}}{\text{Cos. u} - \frac{1}{3\,.\,\text{Cos. u}}} = \frac{\text{Sin. 2 u}}{\text{Cos. 2 u} + \frac{1}{3}}$$

und die Neigung I wird $= 100^\circ + u - \beta$.

Biot macht auf den ungleichen Gang der beobachteten Neigungen aufmerksam und weist die Anomalieen nach, denen dieselben hauptsächlich durch den Einfluſs örtlicher Anziehungen ausgesetzt sind. Merkwürdig genug stellt indeſs seine Formel eine Reihe von 22 beobachteten Neigungen, die von 11° südlicher Br. bis 80° nördl. gehn und um mehr als 100° in der Länge variren, mit sehr geringen Abweichungen dar, indem (einige Beobachtungen in America abgerechnet) erst von 50° nördl. Breite an die berechneten Neigungen um 3 bis 4 Centigrade zu groſs werden. Daſs jedoch die aufgestellte Hypothese zur Erklärung der horizontalen Richtungen der Magnetnadel völlig unzureichend sey, wird von Biot selbst anerkannt und ein Versuch überzeugte ihn, daſs die Intensitäten sich nicht dadurch darstellen lassen. Der nördliche Pol des magnetischen Aequators kommt nach Biot's Rechnung in 79° 1′ nördl. Br. und in 27° 42′ westl. Länge von Greenwich zu liegen, also mehr als 70 Grade östlicher, als der Magnetpol in der Baffinsbai; der südliche Pol liegt in derselben Breite und in 152° 18′ östl. Länge.

Biot's Versuch, der wenigstens in Beziehung auf die Inclinationen als ein gelungener anzusehn war, erweckte in dem deutschen Mathematiker Mollweide einen neuen Bearbeiter der Theorie des Erdmagnetismus[1]. Seine bekannt gewordene Arbeit beschränkte sich aber auf Darstellung von Euler's Theorie, mit Berücksichtigung der Modificationen, welche Mayer und Biot in ihren Theorieen aufgestellt hatten[2], so daſs, weil es dem Verfasser entweder an Zeit oder an dem, für solche Untersuchungen erforderlichen, physikalischen Sinne gebrach, die Lehre vom Magnetismus durch sie wenig oder gar keine Beförderung gewonnen hat. Wie Euler nimmt er eine magnetische Axe an, die eine Sehne der Erdkugel bildet. Die Mitte dieser Axe ist das magnetische Centrum und

1 Nach Gilbert's Versicherung, s. dessen Ann. LXX. 26.

2 G. XXVI. vom Jahre 1808.

Digitized by Google

eine von diesem nach dem Beobachtungsorte gezogene gerade Linie heiſst der magnetische Halbmesser des letztern. Eine durch das magnetische Centrum winkelrecht auf die Magnetaxe gelegte Ebene durchschneidet die Oberfläche der Erde in einem gröſsten Kreise und bildet auf ihr den magnetischen Aequator. Die Pole dieses Aequators machen die Endpuncte einer Linie aus, die senkrecht auf jene Ebene durch der Erde Mittelpunct geht; sie sind also von den eigentlichen Magnetpolen verschieden, welche an den Enden einer Sehne sich befinden. Die physische Magnetaxe und die Axe des magnetischen Aequators sind jedoch einander parallel, da beide auf der nämlichen Ebene senkrecht stehn. Alle durch die physische Magnetaxe gelegte Ebenen durchschneiden die Erdkugel in magnetischen Meridianen, von denen jedoch nur ein einziger einen gröſsten Kreis bildet, nämlich derjenige, welcher zugleich durch die Pole des magnetischen Aequators geht, dieser ist der erste magnetische Meridian. Die magnetischen Breitenkreise hingegen sind sämmtlich gröſste Kreise, die durch die Pole des magnetischen Aequators gehn, und der Winkel, den sie mit dem ersten magnetischen Meridiane machen, ist die magnetische Länge, welcher die Bogen des magnetischen Aequators zum Maſse dienen. Unter der magnetischen Breite eines Orts wird also keineswegs das Complement seines Abstandes vom nächsten Magnetpole, sondern dasjenige seines Abstandes von dem eingebildeten Puncte verstanden, welcher überall 90 Grade vom magnetischen Aequator absteht.

Nach diesen Voraussetzungen beschäftigt sich Mollweide mit folgenden Aufgaben:

1) „Aus der bekannten Lage der magnetischen Axe der „Erde die Lage der magnetischen Pole und des magnetischen „Aequators zu finden.“ Auf Tob. Mayer's Annahmen angewendet ergiebt sich die Stelle des magnetischen Nordpols in 75° 38′ Br. und 328° 17′ östl. Länge von Ferro, die des Südpols in 62° 31′ Br. und 175° 41′ östl. Länge. Jener liegt also in der Baffinsbai, dieser südwestlich von Neuseeland. Wilke setzt den magnetischen Nordpol an die nämliche Stelle, der Südpol jedoch liegt nach ihm mehr nach Südosten. Nach Mollweide's Vermuthung dürfte Wilke die Stellen der Erde, wo die Inclination 90° beträgt, für die magnetischen Pole

Digitized by Google

angesehn haben, was nur dann zulässig ist, wenn die magnetische Axe durch den Mittelpunct der Erde geht, eine Verwechselung, die anfänglich auch Euler widerfuhr. Die Neigung des magnetischen Aequators erhält Mollweide nach Mayer's Daten = 20° 26′ und seine Durchschnittspuncte mit dem Erdäquator in 76° 10′ und 256° 10′ östl. Länge von Ferro. Auf Wilke's Neigungscharte ist der magnetische Aequator kein gröſster Kreis, indem der gröſste Abstand nördl. 19°, südlich nur 14° beträgt; der eine Knoten fällt in 54° östl. L. Biot dagegen hält sich nach neuern Beobachtungen für berechtigt, den magnetischen Aequator als einen gröſsten Kreis zu betrachten. Er giebt ihm 11° bis 12° Neigung und setzt seine Knoten in 84° 26′ und 264° 26′ östl. L. v. Ferro[1]. Gleichwohl findet er später, daſs Cook's und Bayly's Beobachtungen in der Südsee vom J. 1777 mit dieser Annahme nicht vereinbar sind, ja daſs zwischen 158 und 256° westl. L. von Paris Inflexionen der Linie ohne Neigung vorkommen, die zur Annahme von drei, vielleicht vier Durchschnittspuncten oder Knoten nöthigen.

2) „Wenn die Lage des magnetischen Aequators und des „ersten Meridians bekannt ist, aus der geographischen Be„stimmung eines Orts die magnetische Länge und Breite des„selben zu finden, und umgekehrt, nebst dem Winkel, den „der magnetische Breitenkreis mit dem Meridiane des Orts „macht."

3) „Aus der magnetischen Länge und Breite eines Orts „die Gröſse des aus dem magnetischen Mittelpuncte nach dem „Orte gezogenen magnetischen Halbmessers und den Winkel, „den dieser mit der magnetischen Axe macht, zu finden."

4) „Es ist der magnetische Halbmesser eines Orts und „der Winkel desselben mit der magnetischen Axe gegeben, „auch ist die Entfernung der Mittelpuncte der Action des di„rigirenden Magnets vom magnetischen Centrum und das Ge„setz, welchem die Totalkraft des dirigirenden Magnets folgt, „bekannt; man soll die Richtung, welche eine in ihrem Schwer„puncte frei aufgehängte Magnetnadel an dem gegebenen Orte „annimmt, bestimmen."

5) „Aus dem Winkel, den die Richtung der Nadel mit

---

1 Traité de Phys. expér. et mathém. III. p. 181.

Digitized by Google

„dem magnetischen Halbmesser eines Orts einſchlieſst, die „Neigung der Nadel und

6) „aus ebendieſen Stücken ihre horizontale Abweichung „zu bestimmen.“

7) „Endlich die Orte anzugeben, wo die Neigung der „Nadel 90° ist.“

Die Formeln, die Mollweide zur Auflösung dieser Probleme aufstellt, sind keineswegs einfach zu nennen. Sie werden noch umständlicher durch die damals herrschende Ungewiſsheit über das Gesetz der Ausbreitung der magnetischen Kraft, welches Euler gleich der Umkehrung der einfachen Distanz, Mayer gleich derjenigen ihrer dritten Potenz annahm. Auch gründen sie sich ganz auf die Euler'sche Hypothese einer einzigen Magnetaxe. Es ergeben sich deshalb aus derselben in Beziehung auf No. 7 nur zwei Stellen auf der Erde, wo die Neigungsnadel vertical steht; beide liegen im ersten magnetischen Meridiane. Wäre Euler's Annahme über die magnetische Ausbreitung die richtige, so würde nicht nur der ungemein zusammengesetzte Ausdruck für die Berechnung der Abweichung etwas weniger verwickelt sich gestalten, sondern es ergäbe sich noch daraus die schöne Eigenschaft, daſs der Kreis der Erdkugel, welcher durch die beiden Puncte, wo die Nadel vertical ist und durch einen gegebenen Ort geht, an demselben die Richtung der Azimuthalnadel bezeichnen würde, ein Vortheil, der den Verfasser, welchen als Mathematiker mehr die Form der Auffassung, als das physikalische Verhalten an sich interessirt, zu dem halb ausgesprochenen Wunsche verleitet, „daſs Euler's Hypothese der Fall der Natur seyn möchte.“

Auf dem magnetischen Aequator ist die Bestimmung der Abweichung vom Gesetze der Ausbreitung unabhängig. Kennt man daher die Lage desselben aus directen Beobachtungen, so lassen sich aus zwei auf demselben beobachteten Abweichungen alle zur Kenntniſs des magnetischen Zustandes der Erde erforderlichen Gröſsen bestimmen. Mollweide entwickelte auch hierzu die nöthigen Formeln, hauptsächlich in der Absicht, auf diesem Wege das Gesetz der Ausbreitung des Magnetismus in der Erde (oder vielmehr des in derselben angenommenen Magnetkerns) zu erforschen. Er selbst hoffte späterhin diese Aufgabe vorzunehmen, deren Lösung ihm jedoch

Digitized by Google

durch andere übernommene Arbeiten entzogen und seither auch durch die im IXten Abschnitt dieses Artikels erörterten Forschungen überflüssig geworden ist.

Der Vollständigkeit wegen möge hier noch eine Theorie des tellurischen Magnetismus erwähnt werden, welche mit einem groſsen Aufwande von Nachdenken entworfen und durch mühsame Berechnungen auf eine Menge vorhandener Beobachtungen angewandt manche dieser schwierigen Erscheinungen zwar allerdings erklärt, keineswegs aber auf eine solche Weise befriedigend, daſs dadurch die Kühnheit und innere Unwahrscheinlichkeit der zum Grunde liegenden Hypothese aufgewogen würde. Steinhäuser[1] richtete sein Augenmerk nicht bloſs vorzüglich, sondern ausschlieſslich auf die Abweichungen der Magnetnadel und dann wieder speciell auf die periodischen Veränderungen derselben. Diese zu erklären nimmt er einen Magnet im Innern der Erde an, welcher als selbstständiger Planet (*Minerva*, *Pluto* oder sonst benannt) in der Entfernung von 0,2 des Erdhalbmessers, also in 172 Meilen unter der Oberfläche der Erde, binnen 440 Jahren einen Umlauf beendigen soll. Ungeachtet der Erfinder dieser Hypothese ihre Uebereinstimmung mit den periodischen Wechseln der Declination und der damals angenommenen zwei magnetischen Pole ziemlich befriedigend nachwies, so hat sie dennoch bei den Physikern so wenig Beifall gefunden, daſs sie kaum überall beachtet wurde, was auch sehr natürlich folgen muſste, da sie keineswegs vollständig begründet war. Hierzu wäre nämlich erforderlich gewesen, aus ihr nicht bloſs die veränderlichen Abweichungen, sondern auch die Neigungen und Intensitäten genügend abzuleiten[2], auſserdem aber die bewegenden Kräfte nachzuweisen, in Folge deren ein solcher hypothetischer Planet seine Bahn zu durchlaufen vermöchte. Ehe dieses geschehn ist, würde eine Widerlegung voreilig und unnütz seyn.

Ungefähr um die nämliche Zeit beschäftigte sich mit diesen Untersuchungen ein Mathematiker, dem sie nicht bloſs eine mathematische Aufgabe, sondern eine wahre physikalische Angelegenheit waren, der schon in den frühern Ab-

1 G. LVII. 393. LXI. 75. LXV. 267.

2 Vergl. Jen. Allg. Lit. Zeit. 1818. N. 165.

Digitized by Google

schnitten öfter genannte Christopher Hansteen, Prof. zu Christiania. Die Ansicht eines von der damaligen kosmographischen Gesellschaft in Upsala verfertigten Erdglobus von zwei Fuſs im Durchmesser scheint den ersten Impuls zu einer Bewegung gegeben zu haben, die nachher durch diesen Forscher eine Anregung für ganz Europa geworden ist und eine neue Epoche für den Erdmagnetismus begründet hat. Auf diesem Globus fand sich am Südpole eine längliche elliptische Figur als *regio polaris magnetica* bezeichnet, deren Brennpuncte der eine bei Van Diemens Land als *regio fortior*, der andere am Feuerlande als *regio debilior* angemerkt waren. Eine Inschrift auf der Kugel besagte, daſs diese magnetische Region von Wilke aus Cook's und Founeaux Beobachtungen ausgemittelt worden sey. Nachdem Hansteen durch Vergleichung jener Beobachtungen von der Richtigkeit dieser Puncte sich überzeugt hatte, sah er sich lange vergeblich nach ähnlichen Angaben für die nördliche Hemisphäre um, bis ihn das gehaltreiche Repertorium von Reuss auf Hutchin's Beobachtungen in der Baffinsbai und auf Euler's und Lambert's Arbeiten aufmerksam machte. Schubert's magnetische Beobachtungen, die er auf der russischen Gesandtschaftsreise nach China im J. 1805 in Sibirien angestellt hatte und die im Berliner astron. Jahrbuche für 1809 abgedruckt wurden, liefern auch für den schwächern nördlichen Pol einige Angaben.

Hansteen unternahm nun, eine ganz neue, eigenthümliche und vollständige Bearbeitung der Lehre vom Magnetismus in seiner ganzen Ausdehnung zu liefern, und die Frucht seiner Anstrengungen erschien endlich im J. 1819 in seinem bekannten ausführlichen Werke [1].

Die groſsen Auslagen, die der Verfasser, der sich natürlich zum Selbstverlag entschlieſsen muſste, bei diesem Werke hatte, der geringe Absatz, die Anhäufung von Materialien, vielleicht auch die Hoffnung, im Laufe der Zeit immer etwas Vollständigeres und Genügenderes zu liefern, haben wohl seit-

1 Untersuchungen über den Magnetismus der Erde von Christ. Hansteen; übersetzt von P. Treschow Hanson. Erster Theil: die mechanischen Erscheinungen der Magneten, mit 5 Kupfertafeln und 7 Charten. Christiania. 4.

her die Herausgabe eines zweiten Theils aufgehalten. Unterdeſs hat der Verfasser durch Mittheilung von Abhandlungen und magnetischen Charten in verschiedenen Zeitschriften sattsam bewiesen, daſs er diesen Gegenstand keineswegs aufgegeben habe, sondern sich gleichsam als den Geschäftsführer dieses Faches, das er ins Leben gerufen hat, ansehe.

Sein Werk zerfällt in acht Hauptstücke, deren Bearbeitung 501 Quartseiten einnimmt, welchen dann noch auf 140 Seiten als Anhang eine schätzbare Sammlung älterer und neuerer Abweichungs- und Neigungsbeobachtungen beigefügt worden ist. In der Einleitung wird, nebst einigem Geschichtlichen über ältere Abweichungs-Beobachtungen, ein Verzeichniſs von nahe 70 ältern und neuern Schriften, welche der Verf. bei seinen Untersuchungen und Charten benutzt hatte, mitgetheilt.

Das erste Hauptstück beschäftigt sich mit den Halley'schen Abweichungslinien und weist die Elemente nach, aus welchen Hansteen seine Abweichungscharte für 1600 construirt hat. Sie sind hauptsächlich aus Kircher's *Ars magnetica* und aus Purchas *Pilgrims* genommen. Wir lernen daselbst unter Andern, daſs lange vor Halley ein gewisser Pater Christoph Burrus, der in Lissabon sich aufhielt, solche isogonische Charten gezeichnet habe: „*Observatos declinationis gradus diligenter annotabat in mappa geographica* „*hunc in finem confecta, et per singulos homonymos gradus* „*trahebat lineas, quas ipse vocabat tractus chalyboeliti*„*cos*" etc.[1]. Sie sollten ihm nämlich zur Findung der geographischen Länge dienen und er soll für dieses Geheimniſs 50000 Ducaten (*quinquaginta millia ducatorum*) vom König von Spanien begehrt haben. Schon damals war jedoch das Unzulängliche dieser Methode anerkannt. Hansteen vergleicht sodann die Gestalt der magnetischen Linien vom J. 1600 mit dem J. 1700. Es ergiebt sich als Hauptresultat, daſs sie in der nördlichen Halbkugel ostwärts, in der südlichen nach Westen sich bewegen. Verbindet man die Puncte, in welchen die gleichbedeutenden Abweichungslinien von 1600

---

1 Athan. Kircheri S. J. Magnes sive de arte magnetica Opus tripartitum. fol. 2te Ausgabe v. 1643. p. 443. und 3te Ausg. 1654. p. 360.

Digitized by Google

und von 1700 einander durchschneiden, durch Linien, so erhält man Curven, die von Nord nach Süd sich ziehn. Eine derselben geht durch Labrador in südöstlicher Richtung, bis sie in etwa 25° nördl. Breite eine westliche Länge von 40° (Greenwich) erreicht, dann bewegt sie sich meistens in südlicher Richtung durch die Ostküste von Brasilien und erreicht im 50° südl. Breite die Insel Südgeorgien. Die andere, vom Kaspischen Meere ausgehend, zieht sich durch den Persischen Meerbusen östlich an Madagascar vorüber gegen Kerguelens-Land. Auf diesen Stellen wäre also die Abweichung an den beiden Grenzen eines Jahrhunderts dieselbe gewesen. Im folgenden Jahrhundert zwischen 1700 und 1770 finden wir die erstere dieser Linien zwar ebenfalls von Labrador ausgehend, aber ohne östliche Tendenz direct südwärts durch die Bermudas-Inseln bei Venezuela in das Festland von Südamerica eindringend und an der Westseite der Andes sich fortziehend, durch die Falklandsinseln nach Neuschottland fortschreitend. Auch die östliche dieser Linien hat sich von 1700 bis 1756 nach Westen geschoben; sie geht nun durch Abyssinien westlich von Madagascar, biegt sich in 42° südl. Breite nach Osten um und wendet sich nordöstlich gegen Neuholland, um von da an direct nordwärts durch die Halbinseln Malacca gegen Siam aufzusteigen. Auch diese Curven sind also einer Verrückung nach Westen unterworfen, die Durchschnittspuncte, aus denen sie gebildet sind, können jedoch nicht für Stellen einer permanenten Abweichung gelten, da, wenn man die Abweichungslinien von je 10 zu 10 Jahren vergleichen wollte, man daraus auf neue Stellen geführt würde. Bemerkenswerth ist noch, daſs in der Südsee die Abweichung sich viel langsamer verändert, als im Atlantischen und Ostindischen Meere.

Das zweite Hauptstück beschäftigt sich mit den Neigungslinien und mit der magnetischen Kraft. Hansteen giebt im Allgemeinen die Theorie der Neigungsnadel, ohne sich jedoch auf ihre Construction einzulassen, und discutirt sodann die von den groſsen Seefahrern Henry Hudson und W. Baffin angestellten Neigungsbeobachtungen, auf welche seine Neigungscharte für 1600 gegründet ist. Von dieser geht er zu seiner Charte für 1700 und zu derjenigen vom J. 1768 von Wilke, dem Erfinder der Neigungscharten, über. Sie

gründen sich beide auf die Beobachtungen von Cuningham, Feuillée, La Caille und Ekeberg. Der bloſse Anblick der Charte lehrt (was später theoretisch erwiesen wird), daſs in der Nähe des magnetischen Aequators die Neigungen doppelt so schnell zunehmen, als die Breiten, während ungefähr in 50° Breite beide gleichen Schritt halten und daſs bei 70° bis 80° Neigung diese nur halb so stark sich ändern, als die Breiten. Nach Wilke's Charte liegt die gröſste nördliche Breite des magnetischen Aequators in 19°,5 geographischer Breite, die südliche in 12° südlicher Breite, der magnetische Aequator bildet also keinen gröſsten Kreis, was schon an sich der Idee von einer einzigen Magnetaxe entgegensteht. Auch aus den spätern Beobachtungen von Le Gentil, Cook und King, Panton, La Perouse, Ekeberg, Abercrombie, Collnet, Vancouver und Krusenstern, nach welchen die Durchschneidungspuncte des magnetischen Aequators mit dem Erdäquator nur um 135 Grade auseinander liegen, ergiebt sich ebenfalls, daſs der erstere kein gröſster Kreis sey. Die mittlere jährliche Abnahme in Europa kann man auf etwa 4 Min. setzen. Die nördliche Neigung nimmt in Nordamerica zu, in Europa ab, im östlichen Asien wieder zu, die südliche Neigung nimmt bei Südamerica ab, ist um das Vorgebirge der guten Hoffnung beständig und nimmt bei den Sunda-Inseln und in Neuholland ab.

In Beziehung auf die magnetische Kraft konnte Hansteen zu jener Zeit (1819) sich nur an De Rossel's und v. Humboldt's Beobachtungen halten. Er giebt sie vollständig abgedruckt[1] und berechnet, wobei die Intensität im magnetischen Aequator in Peru (in 7° 1′ südl. Breite und 42° westl. Länge von Greenw.) als Einheit angenommen ist. Er zieht aus diesen Beobachtungen folgende Schlüsse:

a) Im Allgemeinen nimmt zwar mit der Neigung auch die magnetische Kraft zu, doch nur unter dem nämlichen Meridiane.

b) Wenn zwei Orte gleiche Neigung haben, so ist (von America ausgehend) die Kraft im westlichsten am stärksten und nimmt gegen Osten sogar bedeutend ab; unweit Africa erreicht sie in jeder isoklinischen Linie ihr Minimum und ist

1 Aus G. XII.

Digitized by Google

gegen Neuholland wieder zunehmend. Das kleinste Minimum der Kraft, die Intensitätseinheit, möchte also eher gegen Neuholland hin als in America liegen.

c) In einem und demselben Meridiane scheint die Kraft (bei gleichem Zuwachse der Neigung) schneller zuzunehmen, wenn die Orte in America und Neuholland, als wenn sie in Africa und Europa liegen.

Im dritten Hauptstück bestimmt Hansteen die Zahl, Lage und Umlaufszeit der Magnetpole um die Erdpole. Die convergirenden Richtungen der horizontalen Nadel weisen auf bestimmte Stellen als Convergenzpuncte des Erdmagnetismus hin, ebenso führt die Zunahme der Neigung und auch die der Intensität auf gewisse Stellen des Maximums hin. Ob aber diese, auf drei verschiedenen Wegen erhaltenen Indicationen auf denselben Punct hinzielen, ob man daselbst wirklich die eigentlichen Magnetpole zu suchen habe, ist einer spätern Untersuchung vorbehalten. Die bloſse Ansicht der Abweichungs- und Neigungscharten, sowie die ungleiche Zunahme der Intensität nach den Meridianen, verweisen nur auf vier Stellen, von denen Hansteen die beiden südlichen mit A und a (*australes*), die nördlichen mit B und b (*boreales*) bezeichnet, wobei die gröſsern Buchstaben den beiden wirksamern Polen zukommen. A fiel im Jahr 1775 südlich von Vandiemensland in 69° 26′ südl. Breite und 136° 6′ östl. Länge von Greenwich; B in die Hudsonsbei in 70° 12′ nördl. Breite und 98° 45′ westl. Länge; a in das südliche Eismeer südwestlich vom Feuerlande in 77° 18′ südl. Br. und 122° 34′ westl. L.; b in das sibirische Eismeer in 85° 37′ nördl. Br. und 103° 6′ östl. L. Die trigonometrische Berechnung, durch welche diese Convergenzpuncte aus nahen Abweichungsbeobachtungen gefunden werden, ist bereits oben[1] erklärt worden.

Aus Vergleichung der Bestimmungen des Puncts A für 1642 und 1773 erhält Hansteen für die jährliche Bewegung desselben nach Westen 4,69 Min., nach dem Aequator hin 0,75 Min. B zeigte zwischen 1730 und 1769 im Mittel 12,41 Min. östl. und 0,77 M. südliche Bewegung in einem Jahre; a von 1670 bis 1774 ein jährliches Fortschreiten von 16,57 Min. nach Westen und von 1,28 Min. nach dem Südpole hin;

1. S. Art. *Abweichung*. Bd. I. S. 141.

Digitized by Google

b von 1770 bis 1805 im Mittel 0,61 Min. zunehmende Entfernung vom Pole und 25,13 Min. östl. Vorrückung.

Obgleich wir an eine Umlaufszeit dieser Puncte um die Erdpole keinen rechten Glauben haben, da sie einerseits auf einer ganz unerwiesenen und unnöthigen Vorstellung beruht, andererseits nur durch eine Regel de tri aus wenigen Jahren auf viele Jahrhunderte geschlossen wird, so können wir doch eine kleine Digression über das Verhältniſs dieser Umlaufszeit, auf welches Hansteen durch einen Pseudonaturforscher unsrer Zeit geführt worden ist[1], nicht ganz übergehn, sondern theilen zum Vergnügen der Liebhaber von geheimniſsvollen Zahlen und der Bewunderer indischer Vorweisheit jene Umlaufszeiten, wie sie Hansteen gefunden hat, hier mit und ebenso auch die Periode für die Abweichungen der Magnetnadel in Paris, wie sie Burkhardt[2] aus den Beobachtungen von 1580 bis jetzt ableitete. Die letztere ergab sich ihm zu 860 Jahren, ebenso groſs ist seltsamer Weise nach Hansteen's Bestimmung die Umlaufszeit des Magnetpols b. Hansteen findet nämlich

für b 860 Jahre
- a 1304 -
- B 1740 -
- A 4609 -; so daſs das Verhältniſs dieser Umlaufszeiten sehr nahe durch die Zahlen 2, 3, 4, 10 sich darstellen läſst. Multiplicirt man diese Zahlen mit 432[3], so erhält man 864, 1296, 1728, 4320, also wunderbarer Weise so ziemlich die

---

1 S. Schubert's (nicht des Petersburger Astronomen) Ansichten von der Nachtseite der Natur.

2 V. Zach's monatl. Corresp. z. Beförd. der Erd- und Himmelskunde. Th. III. S. 162.

3 Die Zahl 432 spielt unter den heiligen Zahlen der Indier, Babylonier, Griechen und Aegyptier eine groſse Rolle. Den Brahmanen diente sie zur Berechnung der Sonnenfinsternisse; den Griechen war sie im goldenen Cyclus eine heilige Zahl. Die Erde hat nach den Indiern vier Perioden, von 1×432000, $2 \times 432000 = 864000$, 3×432000 oder 1296000 und $4 \times 432000 = 1728000$ Jahren. Die Summe aller vier Perioden ist $10 \times 432000 = 4320000$ Jahre. Die drei letzten Weltalter werden also durch die Umlaufszeiten der drei Magnetpole und die ganze Dauer der Welt, die *Calpa* der Indier, durch diejenige des vierten Pols repräsentirt, wenn man sie durch die Zahl 1000 dividirt. Die kleinste Periode, welche die Umlaufszeiten der vier Ma-

Digitized by Google

obigen Umlaufszeiten. Hansteen scheint übrigens später nie auf diese Spielereien zurückgekommen zu seyn.

Im vierten Hauptstück tritt Hansteen der Euler'schen Theorie der Halley'schen Linien näher und zeigt, daſs der Satz: „ein beweglicher Magnet, welcher sich im Wirkungs- „kreise eines unbeweglichen befindet, sey nur dann in Ruhe, „wenn beide in einer Ebene liegen," keineswegs allgemein gültig sey und daſs Euler's erste Theorie nur dann bestehn könne, wenn die Magnetaxe ein Erddiameter ist. Nachdem er die oben angeführten fünf Fälle, welche Euler für die Lage einer Magnetaxe annahm, aufgeführt hat, hält er sich hauptsächlich bei demjenigen auf, wo die Magnetpole in ungleichen Meridianen und ungleichen Abständen von den Erdpolen vorausgesetzt werden. Indem er die Euler'schen Formeln erstlich auf die Magnetaxe AB und nachher auch auf ab nach der Lage, welche beide Axen um das Jahr 1770 hatten, anwendet, berechnet er die hieraus hervorgehenden Linien gleicher Abweichung für jede Magnetaxe und stellt sie auf einem Planiglobium zusammen. Es ergiebt sich nun, daſs diese Euler'schen Linien in der Nähe der vier Magnetpole, also da, wo die Kraft des nächsten Poles vorherrscht, mit den beobachteten Abweichungen so ziemlich übereinstimmen, daſs aber mit der Entfernung von jenen Polen der Widerspruch mit Beobachtungen zunimmt und daſs die letztern in den meisten Fällen zwischen die Abweichungen fallen, die aus jeder Axe allein abgeleitet werden, ein Umstand, der auf der einen Seite für die richtige Auffassung der Euler'schen Theorie in Beziehung auf eine Axe spricht, auf der andern Seite jedoch mit ziemlicher Evidenz gerade das Gegentheil von demjenigen,

---

gnetpole einschlieſst und in welcher sie eine gewisse Anzahl ganzer Umläufe gemacht haben, ist 60×432 (indem 60 das kleinste gemeinschaftliche Product der Factoren 2, 3, 4, 10 ist) = 25920 Jahre. In dieser Zeit hätte der Pol b 30, der Pol a 20, B 15, und A 6 ganze Umläufe vollendet. Allein die Axe der Erde bewegt sich um den Pol der Ekliptik (in 72 Jahren 1 Grad) in 72×360 oder ebenfalls in 25920 Jahren. Die groſse Magnetperiode fällt also mit der Präcessionsperiode zusammen. Ferner ist der mittlere Durchmesser der Erdbahn = 432 Sonnenradien, derjenige der Mondbahn = 432 Mondradien. Welche Summe von Geheimnissen in den ersten drei Zahlen nach der Einheit!?

was Euler zu beweisen sich bemüht hatte, uns aufdringt, nämlich die Annahme von vier Magnetpolen im Gegensatz zu zweien.

Das fünfte Hauptstück hat die mathematische Theorie des Magnets im Allgemeinen zum Gegenstande. Hansteen untersucht zuerst die allgemeinen Verhältnisse der Anziehung und Abstoſsung zweier Magnete und zeigt, daſs diese von der Menge der in ihnen befindlichen magnetischen Theile oder von ihren magnetischen Intensitäten, sodann von dem Gesetze der Vertheilung des Magnetismus im Magnetkörper und endlich von demjenigen des Abstandes beider Magnete abhängig sey. Da für zwei gegebene Magnete die Intensitäten während eines Versuchs als unveränderlich betrachtet werden können, so kommen bloſs die Exponenten, welche das Gesetz der Vertheilung und des Abstandes ausdrücken, in Betracht. Hansteen legt denselben in der Formel, welche die Gesammtwirkung der zwei Magnete auf einander ausdrückt, successive die Werthe 1, 2 und 3 bei, wodurch er neun verschiedene numerische Ausdrücke erhält, die er dann mit Versuchen, in welchen die Ablenkungen einer Boussole durch zwei Magnetstäbe in verschiedenen Entfernungen geprüft wurden, in Vergleichung bringt, um zu sehn, welcher von den angenommenen Werthen der Natur am besten gefalle. Wir verweisen hierüber auf dasjenige, was gegen Ende des IXten Abschnittes: *Ausbreitung des Magnetismus* aus Hansteen's Werke mitgetheilt worden ist. Das Gesetz der Abnahme nach der Entfernung läſst weder den Exponenten 1 noch 3 zu und nur der von 2 stimmt mit den Beobachtungen. Weniger tritt aus diesen Versuchen das Gesetz der Vertheilung hervor, doch scheint auch dieses eine Fortschreitung nach der 2ten Potenz des Abstandes von der Mitte des Magnets befolgen zu wollen, was jedoch durch angemessenere Versuche zu entscheiden übrig bleibt.

Hansteen betrachtet sodann die Wirkung eines Linearmagnets (oder eines Magnetstabes) auf einen magnetischen Punct, welcher in einer durch dessen Mittelpunct gezogenen Perpendicularlinie oder in seinem Aequator liegt, und findet erstens, daſs bei gleichem Abstande vom Mittelpuncte des Stabes die Kraft unter dem Pole doppelt so groſs ist, als unter dem magnetischen Aequator, und zweitens daſs die Wirkungen

auf einem Punct in der verlängerten Axe oder im Aequator, sich umgekehrt verhalten wie die dritten Potenzen der Entfernungen vom Mittelpuncte; ein Resultat, welches jedoch die deshalb angestellten Versuche nicht ganz zu bestätigen scheinen. Ebenso leitet er aus seinen Formeln den Satz ab, daſs die gegenseitige Anziehung zweier Magnetstäbe, deren Axen in einer und derselben Linie liegen, sich umgekehrt wie die vierte Potenz der Entfernungen ihrer Mittelpuncte verhalte. Zugleich zeigt er, daſs seine Formel für den Fall nicht passe, wo weiches Eisen vom Magnete angezogen wird, und schreibt dem ungleichen Verfahren der Physiker in der Anwendung von einem oder zwei Magneten bei den Anziehungsversuchen die widersprechenden Erfolge zu.

Fig. 214. Hansteen untersucht nun zuerst allgemein die Lage, welche ein Magnettheilchen A, das in einer gewissen Entfernung von einem Magnetstabe NS sich befindet, annimmt, und sucht aus der Entfernung AC, der Länge des Stabes NS und dem Winkel am Mittelpuncte desselben $ACT = U$ den Winkel $BAT = w$ zu bestimmen[1]. Die sehr verwickelte Formel, auf die er hierbei geräth, löst er zur Vereinfachung in Reihen auf, und gelangt endlich für denjenigen Fall, wo die Entfernung $AC = d$ im Verhältniſs zur Stabeslänge $NS = a$ sehr groſs, also $\frac{a}{d}$ ein sehr kleiner Bruch ist, zu der Formel

$$\frac{3}{r+2}\,\mathrm{Sin.}\,2u\,.\,\mathrm{Sin.}\,w = \left(\frac{2}{r+2} - \frac{6}{r+2}\,\mathrm{Cos.}^2 u\right)\,\mathrm{Cos.}\,w,$$

in welcher r den Exponenten einer Potenz bezeichnet, die das Gesetz der Zunahme der magnetischen Kraft im Stabe von seiner Mitte bis zu den Enden ausdrückt (die Vertheilung des Magnetismus im Innern des Stabes). Da $r + 2$ an beiden Seiten vorkommt, so ergiebt sich, daſs dieses Gesetz bei groſser Entfernung auf das Verhältniſs von u und w keinen merkbaren Einfluſs habe, und man erhält durch Division mit $r + 2$

$$3\,.\,\mathrm{Sin.}\,2u\,.\,\mathrm{Sin.}\,w = (2 - 6\,.\,\mathrm{Cos.}^2 u)\,\mathrm{Cos.}\,w, \text{ mithin}$$

$$\mathrm{Cot.}\,w = \frac{3\,\mathrm{Sin.}\,2u}{2 - 6\,.\,\mathrm{Cos.}^2 u} = \frac{\mathrm{Sin.}\,2u}{2\,\mathrm{Cos.}^2 u - \frac{2}{3}} = \frac{-\mathrm{Sin.}\,2u}{\mathrm{Cos.}\,2u + \frac{1}{3}},$$

---

1 Unters. über d. Magnetismus der Erde. I. S. 167 — 177.

übereinstimmend mit der v. HUMBOLDT und BIOT[1] angegebenen Formel.

Bezeichnet A irgend einen Punct auf der Oberfläche der Erde, in deren Centrum C ein Magnetstab sich befindet, dessen Länge gegen den Halbmesser AC in keinen Betracht kommt, AH die horizontale Richtung durch den Punct A, HAT=i die Neigung der Nadel unter dem Horizont, so ist HAB=ACB=u, TAB=u—i=w. Da nun Fig. 215.

$$\text{Cot. w} = \frac{3.\text{Sin.}2\,u}{2 - 6\,\text{Cos.}^2 u} = \frac{3.\text{Sin.u.Cos.u}}{1 - 3\,\text{Cos.}^2 u} \quad \text{und}$$

$$\text{Cot. w} = \text{Cot.}(u - i) = \frac{1 + \text{Tang.u.Tang.i}}{\text{Tang.u} - \text{Tang.i}}, \text{ so ist}$$

$$\text{Tang.u} - \text{Tg.i} = (\tfrac{2}{3}\,\text{Cot.u} - \tfrac{1}{3}\,\text{Tg.u})\,(1 + \text{Tg.u.Tg.i})$$

$$3\,\text{Tang.i} - 2\,\text{Tg.i} = 2\,\text{Cot.u} + 2\,\text{Tg.u} - \text{Tg.}^2\text{u.Tg.i}$$

$$\text{Tang.i} = 2\left(\frac{\text{Cot.u} + \text{Tang.u}}{1 + \text{Tang.}^2 u}\right) = 2\,\text{Cot.w}.$$

Bezeichnet nun u den Abstand des Punctes A vom magnetischen Pol S im Bogen, so ist AE die sogenannte magnetische Breite desselben; mithin ist innerhalb der Grenzen der gemachten Voraussetzung die Tangente der magnetischen Neigung gleich der doppelten Tangente der magnetischen Breite.

Schon KRAFT, der zuerst diese Formel aufstellte[2], fand sie mit den Beobachtungen so ziemlich übereinstimmend. Dieses ist jedoch hauptsächlich nur in ganz niedrigen Breiten der Fall, bei höhern und selbst bei den mittlern Breiten sind die Abweichungen stärker. Zur Vergleichung setzen wir eine Tabelle her, die ein durch viele und treffliche Abweichungs- und Neigungsbestimmungen ausgezeichneter Beobachter, Doctor ADOLF ERMAN[3], zusammengestellt hat; sie gilt für die Meridiane zwischen 124° und 142° W. v. Greenw.

1 Journ. de Phys. LIX. u. G. XX.
2 Novi Comm.
3 Berghaus Ann. d. Erd- und Völkerkunde. Bd. II. S. 430.

Digitized by Google

Geograph. Breite	Magnet. Breite	Neigung berechnet	Neigung beobachtet	Diff.
0°	1° 55′	3° 49′	3° 49	0° 0′
10	11 55	22 53	23 19	+ 0 26
20	21 55	38 49	40 11	+ 1 22
30	31 55	51 15	53 55	+ 2 40
40	41 55	60 53	64 0	+ 3 7
50	51 55	68 36	70 50	+ 2 14
60	61 55	74 4	. . . . .	

Schon in 57° 5′ geographischer Breite ist in diesen Meridianen die Neigung 75° 43′. Der Mangel an Uebereinstimmung dürfte, wenn man nicht genau in dem nämlichen Meridiane bleiben kann, ebenso sehr in den unsichern Bestimmungen der sogenannten magnetischen Breite, als in der Formel selbst liegen.

Im Uebrigen würde auch das Zutreffen derselben mit mehrern Beobachtungen nichts für die von Biot aufgestellte Annahme zweier im Centrum der Erde befindlichen, unendlich nahen Magnete oder, was einerlei ist, nach Hansteen's Rechnung eines im Mittelpuncte der Erde liegenden unendlich kleinen Magnetstabes entscheiden, da, wie Barlow gezeigt hat, auch die erwiesen bloſs oberflächliche Kraft einer magnetischen Eisenkugel sich als eine centrale betrachten läſst.

Hansteen benutzt diese Formel zur Interpolation der (von Wilke zuerst in einer Neigungscharte gegebenen) isoklinischen Linien, indem er dieselbe differentiirt. Heiſst nämlich die magnetische Breite β, so ist

$$di . Sec.^2 i = 2 d\beta . Sec.^2 \beta .$$

Da nun

$$Sec.^2 i = 1 + Tang.^2 i = 1 + 4\ Tang.^2 \beta ,$$

so ist

$$di = \frac{2\,Sec.^2 \beta}{1 + 4\,Tang.^2 \beta} d\beta$$

$$= \frac{2 d\beta}{Cos.^2 \beta + 4\,Sin.^2 \beta} = \frac{2 du}{1 + 3\,Cos.^2 u};$$

also

$$\frac{di}{d\beta} = \frac{2}{1 + 3\,Sin.^2 \beta}.$$

Für $\beta = 0°$ ist mithin $di = 2 d\beta$; für $\beta = 30°$ ist $di = \frac{8}{7} d\beta$; für $45° = \frac{4}{5} d\beta$; für $60° = \frac{8}{13} d\beta$; für $90° = \frac{1}{2} d\beta$, d. h. im magnetischen Aequator sind die Aenderungen der Neigung das Doppelte der Aenderung der magnetischen Breite; am Pole sind sie nur halb so groſs.

Da $\text{Sec.}^2\beta = 1 + \text{Tang.}^2\beta = 1 + \frac{1}{4}\text{Tang.}^2 i$, so ist

$$\frac{di}{d\beta} = 2\left(\frac{1 + \frac{1}{4}\text{Tang.}^2 i}{\text{Sec.}^2 i}\right) = \frac{1}{2}(4\,\text{Cos.}^2 i + \text{Sin.}^2 i)$$

$$= \frac{3}{2}\,\text{Cos.}^2 i + \frac{1}{2} = \frac{5}{4} + \frac{3}{4}\,\text{Cos.} 2i.$$

Mit Hülfe dieser Formel kann man sich eine kleine Tafel berechnen, in welcher für eine gegebene Neigung ihr Differential in Theilen der zugehörigen magnetischen Breite ausgedrückt ist.

Neigung	0	10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°
$\frac{di}{d\beta}$	2,00	1,95	1,82	1,62	1,38	1,12	0,87	0,67	0,54	0,50

Es ergiebt sich hieraus, daſs, wenn $\frac{di}{d\beta} = 1$ ist, der Werth von $\text{Cos.} 2i = -\frac{1}{3}$ wird, was einem Winkel von 109° 28′ 16″,38 entspricht. Da also, wo die Neigung von 54° 44′ vorkommt, ist ihr Zuwachs der (magnetischen) Breitenänderung selbst gleich.

Hansteen entwickelt sodann die gegebenen Formeln für den Fall, wo ein unendlich kleiner Magnet auſserhalb des Mittelpunctes eines Kreises liegt, und bestimmt die Richtung, in welcher die Nadel unter diesen Umständen zur Ruhe komme. Er findet unter dieser Voraussetzung:

1) Im magnetischen Meridiane nAs, auf der dem Magnete nähern Hälfte desselben, muſs es irgendwo zwei Puncte r und r′ geben, wo die Ruhelinie der Nadel gegen die Peripherie lothrecht ist. Fig. 216.

2) Ebenso sind im Bogen AsQ irgendwo zwei Stellen h und h′, in welchen die Nadel horizontal liegt.

3) In den Puncten N und S wird die Neigung gröſser als ± 90°. Im Puncte A ist die Neigung positiv und gröſser als 0; im Puncte Q positiv und kleiner als 180°.

4) Wenn die Excentricität Cc sehr klein ist, so sind die Bogen Nr und Sr′ oder der Abstand zwischen den Polen des magnetischen Aequators und denjenigen Puncten, wo die Ruhelinie der Nadel gegen die Peripherie senkrecht ist, gleich der dreifachen Excentricität.

5) In diesem Falle erhält die Nadel in den Endpuncten desjenigen Diameters, welcher auf der Chorde rr′ senkrecht steht, also in A und Q, eine horizontale Lage, in n und s wird sie lothrecht.

Nach einer allgemeinen Untersuchung über die Richtung, die ein Magnettheilchen, das sich im Wirkungskreise eines gröſsern Linearmagnets befindet, annehmen muſs, und über die Kraft, mit welcher es vom letztern sollicitirt wird, weist Hansteen die erstere Frage auf die magnetische Curve hin und zeigt in Betreff der zweiten, daſs, wenn die Entfernung der Magnete sehr groſs anzunehmen ist, die Intensität K sich durch die Formel

$$K = \frac{mn}{4\varrho^3}\sqrt{10+6\ \mathrm{Cos.}\,2u}$$

ausdrücken lasse, in welcher m die Summe der anziehenden und abstoſsenden Kräfte im Magnete, n diejenigen im Magnettheilchen, u den Winkel bezeichnet, den die Verbindungslinie ϱ beider mit der Axe des erstern macht. Für $u=0$ wird $\sqrt{10+6\,\mathrm{Cos.}\,2u}=\sqrt{16}=4$, also $K=\frac{mn}{\varrho^3}$, für $u=30°$ wird $K=\frac{mn}{4\varrho^3}\sqrt{13}$, für $u=45°$ erhält man den Coefficienten $=\sqrt{10}$, für $u=60°$ wird er $=\sqrt{7}$ und für $u=90°$ ist $\sqrt{10-6}=\sqrt{4}=2$, also $K=\frac{mn}{2\varrho^3}$. Bei groſsen Entfernungen ist also die Intensität in der Richtung der Magnetaxe am stärksten und nimmt ab bis zur Stelle, wo sich das Magnettheilchen im Aequator des Magnets befindet; sie ist im erstern Orte, im Pole, doppelt so groſs, als im letztern.

Verbindet man die um einen Magnet liegenden Puncte, in welchen seine Intensität die nämliche ist, durch Linien, so erhält man ein System von *isodynamischen Linien*, wo sich aus der bloſsen Beschauung ergiebt, erstlich, daſs jede dieser
Fig. 217. Curven durch die Perpendikel CD in zwei congruente Zweige

getheilt wird; zweitens, daſs dieser Durchschnittspunct zunächst am magnetischen Centrum C liegt; hingegen drittens die Stellen, wo die verlängerte Axe sie schneidet, am weitesten davon abstehn.

Solche isodynamische Linien kann man sich auch auf der Oberfläche einer Kugel denken, unter welcher sich eine oder auch mehrere Magnetaxen befinden. Hätte die Erde nur *eine* Magnetaxe, deren Mittelpunct mit demjenigen der Erde zusammenfiele, so müſsten auch die isodynamischen Linien mit den Neigungslinien zusammenfallen und der magnetische Aequator wäre auf der Erde diejenige Linie, in welcher die Neigung Null und die Intensität ein Minimum wäre; ebenso wären die Parallelkreise desselben zugleich isoklinische und isodynamische Linien und im magnetischen Pole würden Neigung sowohl als auch Intensität ihr Maximum erreicht haben. Alles dieses stimmt mit den Beobachtungen keineswegs überein und so werden wir entweder auf mehrere Magnetaxen oder auf eine merkbar excentrische Lage derselben hingewiesen.

Die Schnelligkeit, mit welcher die Intensität von einem Orte zum andern sich ändert, ist weder im magnetischen Aequator, noch an den Polen am gröſsten, sondern ihr Maximum hat unter der nämlichen magnetischen Breite statt, wo die Neigungsänderung mit der Breitenänderung gleichen Schritt hält, nämlich in 54° 44′.

Nach Obigem ist die Intensität

$$K = \frac{mn}{4\varrho^3}\sqrt{10 + 6\ \text{Cos.}\,2u}.$$

Es wird also der Werth des unter dem Wurzelzeichen liegenden Gliedes: für $u = 0°$ wird $\sqrt{10+6\,\text{Cos.}\,2u} = \sqrt{10+6} = 4$, also $K = \frac{mn}{\varrho^3}$, für $u = 30°$ wird $\sqrt{10+6\,\text{Cos.}\,2u} = \sqrt{10+3}$

$$= \sqrt{13}, \text{ also } K = \frac{mn}{4\varrho^3}\sqrt{13},$$

für $u = 45°$ wird $\sqrt{10+6\,\text{Cos}\,2u} = \sqrt{10+0} = \sqrt{10}$, also $K = \frac{mn}{4\varrho^3}\sqrt{10}$,

- $u = 60°$ - - - $= \sqrt{10-3} = \sqrt{7}$, - $K = \frac{mn}{4\varrho^3}\sqrt{7}$,

- $u = 90°$ - - - $= \sqrt{10-6} = 2$, - $K = \frac{mn}{2\varrho^3}$.

Digitized by Google

Die Intensität wird also, wie schon gezeigt worden, unter den Polen doppelt so groſs, als unter dem Aequator.

Zerlegt man diesen Ausdruck mit Zuziehung der Neigung i auf denjenigen Theil, welcher an einem gegebenen Orte parallel mit der Tangente des Ortes wirkt, so wird

$$k = \frac{m\,n}{2\varrho^3}\ \text{Sin.}\,u.$$

Der horizontale Theil der Intensität ist also dem Sinus des magnetischen Polarabstandes proportional; er verschwindet unter dem Pole und ist unter dem Aequator der ganzen Kraft gleich, unter 60° magnetischer Breite nur halb so groſs.

Diese Sätze gelten für einen gegen den Erdradius sehr kleinen Magnet, der im Mittelpuncte einer Kugel liegt. Ist der Magnet excentrisch, so wird

$$K = \frac{m\,n}{2\,r^3}\,\frac{(3\,\text{Cos.}^2 v + 8\,e\ \text{Cos.}\,v + 4\,e^2 + 1)^{\frac{1}{2}}}{(1 + e^2 + 2\,e.\,\text{Cos.}\,v)^2},$$

wo r den Abstand des Beobachtungsortes vom Mittelpuncte der Kugel, v das Complement der magnetischen Breite auf ebendiese bezogen und e den Abstand der kleinen Magnetaxe von einer mit ihr parallelen Axe der Kugel, in Theilen des Radius dieser letztern gegeben, bezeichnet. Diese Kraft wirkt in der Richtung der Neigungslinie. Will man den horizontalen Theil k derselben haben, so muſs dieser Ausdruck mit Cos. i multiplicirt werden. Da aber

$$\text{Tang.}\,i = 2\ \text{Cot.}\ u \text{ und } \text{Cos.}\,i = \frac{1}{\sqrt{1 + \text{Tg.}^2 i}} = \frac{1}{\sqrt{1 + 4\,\text{Cot.}^2 u}},$$

$$\text{so wird } k = \frac{K}{\sqrt{1 + 4\,\text{Cot.}^2 u}} = \frac{m\,n}{4\varrho^3}\sqrt{\frac{10 + 6\,\text{Cos.}\,2\,u}{1 + 4\,\text{Cot.}^2 u}};$$

aber $10 + 6\,\text{Cos.}\,2\,u = 4 + 12\,\text{Cos.}^2 u$. Multiplicirt man Zähler und Nenner mit $\text{Sin.}^2 u$, so erhält man

$$\frac{4\,\text{Sin.}^2 u\,(1 + 3\,\text{Cos.}^2 u)}{\text{Sin.}^2 u + 4\,\text{Cos.}^2 u} = \frac{4\,\text{Sin.}^2 u\,(1 + 3\,\text{Cos.}^2 u)}{1 + 3\,\text{Cos.}^2 u} = 4\,\text{Sin.}^2 u;$$

also ist

$$k = \frac{m\,n}{4\varrho^3}\sqrt{4.\,\text{Sin.}^2 u} = \frac{m\,n}{2\varrho^3}\ \text{Sin.}\,u.$$

Der mit der Tangente parallele Theil der magnetischen Kraft ist also dem Sinus des magnetischen Polarabstandes proportional. Unter dem Pole, wo u = 0°, ist also die dirigirende

Digitized by Google

horizontale Kraft $= 0$ und die Nadel ist gleichgültig gegen jede Lage. Unter dem Aequator hingegen, wo $u = 90°$, ist K im Maximum und in 60° Breite beträgt sie die Hälfte hiervon.

Hansteen wendet seine Theorie auf den Fall an, wo eine Nadel durch einen in irgend einem Azimuth derselben liegenden, nach verschiedenen Weltgegenden umgedrehten Magnetstab aus dem Meridiane abgelenkt wird, wobei man die Kraft des Magnetes und seinen Abstand von der Nadel kennt. Zahlreiche Versuche bestätigen die Richtigkeit seiner Formel und zeigen überdem

1) daſs dieser Abstand gröſser seyn muſs, als *fünf* halbe Magnetaxen, wenn der Ablenkungswinkel dadurch nicht afficirt werden soll;

2) daſs auſserhalb dieses Abstandes die Dicke des Magnets auf den Versuch keinen Einfluſs habe;

3) daſs demnach die Wirkung zweier, mit ihren gleichnamigen Polen zusammengebundenen Magnete nur durch das Maſs ihrer Intensität abweiche, indem die gleichnamigen Magnetismen bei der Berührung sich schwächen (nach dem Versuche im Verhältniſs wie 9:7);

4) daſs, wenn zwei gleichgroſse Magnete mit ihren freundschaftlichen Polen aufeinandergelegt werden, sie sehr nahe wie ein einzelner Magnet wirken, dessen Intensität der Differenz beider gleich ist.

Obwohl allerdings die laterale Ausdehnung eines Magnets seine Wirkung in die Ferne nicht fühlbar modificirt, so daſs sie füglich auf seine Axe bezogen werden kann, so ist dennoch die Kraft nicht in allen Stellen eines Querdurchschnittes die nämliche, sondern an den Kanten auffallend stärker, als im Innern dieser Fläche. Bei einem cylindrischen Magnete kann man sich einen solchen Querdurchschnitt als aus einer unendlichen Menge von Kreisringen bestehend denken, deren Intensitäten vom Centrum aus in einem gewissen Verhältnisse wachsen. Welches das Gesetz dieser Zunahme sey, darüber ist die Erfahrung bisher noch nicht befragt worden; Hansteen vermuthet, daſs es dasjenige der Quadrate der Entfernungen vom Mittelpuncte sey. Bei prismatischen Magneten wäre die Untersuchung schwieriger.

Auf mehrern Seiten sucht Hansteen ferner durch weit-

Digitized by Google

läuftige Rechnungen die Wirkung eines prismatischen, so wie auch eines cylindrischen Magnetstabes von unendlich geringer Dicke, sowohl in der Verlängerung seiner Axe, als auch senkrecht auf dieselbe, abzuleiten und findet begreiflicher Weise, daſs sie von der eines linearen Magnetes nicht verschieden sey. In groſsen Entfernungen hat die Gestalt keinen Einfluſs; die Kräfte zweier Magnete von gleicher Intensität und Länge verhalten sich, wie ihre Querschnitte, d. h. überhaupt wie ihre Massen. Beim cylindrischen Magnete jedoch nimmt die magnetische Wirkung vom Aequator nach den Polen langsamer zu, als beim prismatischen.

Den Beschluſs dieses Hauptstückes macht ein unvollständiger geschichtlicher Abriſs desjenigen, was von Plato und Aristoteles bis auf unsere Zeiten im Gebiete des Magnetismus gethan worden sey, mit reichhaltigen Auszügen aus den Abhandlungen von Aepinus und Lambert. Da dieser Theil in verschiedenen Abschnitten dieser Abhandlung ausführlich bearbeitet worden ist, so verweisen wir deshalb auf die betreffenden Stellen.

Das sechste Hauptstück von Hansteen's Werk soll uns endlich dem gesuchten Ziele näher bringen, indem es die Anwendung der bisher versuchten Theorie des Magnets auf Abweichung, Neigung und Kraft für einen gegebenen Ort der Erde uns verspricht. Hansteen setzt, wie seine Vorgänger, erst die Definitionen fest, wobei er einen excentrischen Magnetstab (als Sehne) im Innern der Erde annimmt, dessen bis zur Oberfläche fortgeführte Verlängerung ihm einen nördlichen und südlichen Pol bezeichnet. Den mathematischen Mittelpunct dieser Sehne nimmt er der Einfachheit wegen auch als den Mittelpunct der Magnetaxe und denjenigen ihrer magnetischen Kraft an, obgleich er richtig bemerkt, daſs alle drei eine verschiedene Lage haben können.

Fig. 218. Es sey demzufolge $\alpha\beta$ die Magnetaxe, ihre Verlängerung AB die Magnetsehne, A und B die eingebildeten Magnetpole, γ der angenommene Mittelpunct, Cγ die Excentricität der Magnetsehne.

Die letztere ist demnach

$$AB = 2\sqrt{AC^2 - \gamma C^2} = \sqrt{EF^2 - 4\gamma C^2}.$$

Der magnetische Aequator ist ein gröſster Kreis der Erde, senkrecht auf die Magnetsehne AB. Zieht man parallel mit dieser

den Diameter a b, so sind a und b die Pole des magnetischen Aequators. Die Verlängerung von γC bezeichnet den magnetischen Diameter EK, welcher also im Aequator liegt.

Jeder ebene Durchschnitt der Erde, welcher durch die magnetische Axe gelegt wird, bildet auf ihr einen magnetischen Meridian, wie ABLe. Mit Ausnahme desjenigen, welcher durch die Endpuncte des magnetischen Diameters geht, AFBE, welcher als erster Meridian gerechnet wird, sind alle kleine Kreise. Sie sind senkrecht auf dem magnetischen Aequator und werden von demselben halbirt; e bezeichnet diesen Durchschnittspunct für den Meridian ABe, Ee ist das zwischenliegende Stück dieses Aequators, das entweder durch den Winkel Eγe oder durch den Winkel EAe gemessen wird.

Jeder ebene Durchschnitt durch die Axe des magnetischen Aequators heiſst ein magnetischer Verticalkreis; sie sind alle gröſste Kreise. Ein gröſster Kreis durch die Erdpole und die Pole des magnetischen Aequators gezogen wird mit dem Namen magnetischer Polarkolur bezeichnet.

Magnetradius ist die Linie Lγ von einem Beobachtungsorte L nach dem magnetischen Mittelpuncte γ gezogen. Die wahre magnetische Breite eines Orts ist der Winkel Lγe zwischen seinem Magnetradius und dem magnetischen Aequator. Ihr Complement oder der magnetische Polarabstand ist der Winkel BγL. Die wahre magnetische Länge ist der Winkel Eγe; die scheinbare magnetische Breite ist der Winkel LCQ zwischen einem Erdradius und dem magnetischen Aequator; ebenso wird auch die scheinbare magnetische Länge auf den Erdradius bezogen und ist gleich dem Winkel ECQ.

Nach Vorausschickung dieser Definitionen beschäftigt sich nun Hansteen mit der trigonometrischen Auflösung folgender Probleme:

1) Wenn die geographische Lage der (eingebildeten) magnetischen Pole gegeben ist, zu finden:
   a) Die Excentricität des magnetischen Mittelpunctes;
   b) die Gröſse der magnetischen Sehne;
   c) den Winkel des magnetischen Diameters mit dem Erdäquator;
   d) die Lage der zwei Endpuncte desselben;

Digitized by Google

e) den Winkel des magnetischen Aequators mit dem Erdäquator;

f) den von beiden Koluren eingeschlossenen Winkel;

g) den Winkel, welchen der erste Magnetmeridian mit dem Polarkolur bildet.

2) Wenn die geographische Lage der Magnetpole bekannt ist, die magnetische Lage (die scheinbare und wahre magnetische Breite und Länge) und den Magnetradius für einen Ort zu finden, dessen geographische Breite und Länge gegeben ist.

Da diese Aufgabe mehr als die vorigen von praktiſcher Anwendung ist, so wollen wir wenigstens für ihre hauptsächlichsten Momente die Formeln hersetzen. Zu den eben gegebenen Erklärungen kommen hier noch folgende Bezeichnungen hinzu.

Wenn P den Erdpol, PM einen ersten Meridian (z. B. den von Greenwich) bezeichnet, so ist PL des Orts geographischer Meridian, Pb ein Stück des Polarkolurs, bLQ des Ortes magnetischer Verticalkreis.

MPL ist also die geographische Länge des Orts (nach Osten gerechnet); sie heiſse q. MPb drückt die geographische Länge des magnetischen Aequatorpoles aus; sie heiſse ζ; der Längenunterschied beider oder der Winkel bPL sey also $= q - \zeta$, und der Abstand des magnetischen Aequatorpoles vom Erdpole Pb sey ε, der geographische Polarabstand des Ortes oder PL sey p, so erhält man

I. für des Ortes scheinbare magnetische Breite $LQ = \mu$

$$\text{Sin.}\,\mu = \text{Cos.}\,\varepsilon\ \text{Sin.}\,p + \text{Sin.}\,\varepsilon\,\text{Cos.}\,p\,\text{Cos.}\,(q - \zeta)$$

II. Seine scheinbare magnetische Länge $= EbL = \nu$ findet sich aus

$$\text{Cot.}\,(\nu + \delta) = \text{Cos.}\,\varepsilon\,\text{Cot.}\,(q - \zeta) - \text{Sin.}\,\varepsilon\,\text{Tang.}\,p\,.\,\text{Cosec.}\,(q - \zeta),$$

wo δ den Winkel PbB zwischen dem Polarkolure und dem ersten Meridiane bezeichnet.

III. Der Magnetradius γL ist $r\frac{1}{2}.R$, wenn r den Radius der Erde, R die zweite Wurzel aus

$$1 + \text{Sin.}^2\,\alpha + 2\,\text{Sin.}\,\alpha.\,\text{Cos.}\,\mu\,.\,\text{Cos.}\,\nu$$

bezeichnet (wobei $\alpha = Bb$).

IV. Für die wahre magnetische Breite des Ortes oder den Winkel $L\gamma R$ hat man $\text{Sin.}\,L\gamma R = \frac{\text{Sin.}\,\mu}{R} = \text{Cos.}\,u.$

V. Für die wahre magnetische Länge oder den Winkel $E\gamma e = \varphi$ hat man

$$\text{Cot.}\,\varphi = \frac{\text{Sin.}\,\alpha}{\text{Cos.}\,\mu\,.\,\text{Sin.}\,\nu} + \text{Cot.}\,\nu.$$

VI. Aus der wahren magnetischen Länge φ leitet sich auch der Winkel η ab, welchen ein gegebener magnetischer Meridian mit dem Horizonte bildet. Es ist nämlich

$$\text{Cos.}\,LCc = \text{Cos.}\,\eta = \text{Sin.}\,\alpha\,.\,\text{Sin.}\,\varphi.$$

VII. Radius des magnetischen Meridians

$$Lc = R' = r\sqrt{1 - \text{Sin.}^2\alpha\,\text{Sin.}^2\varphi}.$$

VIII. Die excentrische magnetische Breite ist gleich Lce, ihr Complement $= v$ und $\text{Cos.}\,v = \frac{\text{Sin.}\,\mu}{\text{Sin.}\,\eta}$.

IX. Die schiefe Neigung der Nadel in L findet sich $= i = v - w$; aber $\text{Cotg.}\,w = \frac{-\text{Sin.}\,2u}{\frac{1}{3} + \text{Cos.}\,2u}$.

X. Denkt man sich eine Kugel um den Punct L gelegt, Fig. 219.
so ist der Winkel $BLR =$ der scheinbaren magnetischen Breite $= \mu$, LM die Ruhelinie der Magnetnadel, also $TLM =$ der schiefen Neigung i. Diese auf den Horizont $H\beta R$ reducirt giebt in der Linie $L\beta$ die horizontale Richtung und in dem Winkel βLM die wahre Neigung der Magnetnadel. Es ist also $BR = \mu$, der Winkel $BTR = \eta$ und $BRT = 90°$. Hieraus hat man $\text{Sin.}\,TR = \text{Sin.}\,f = \text{Tang.}\,\mu\,.\,\text{Cot.}\,\eta$. Ebenso im Dreieck βTM findet sich

$$\text{Tang.}\;T\beta = \text{Tang.}\,g = \text{Tang.}\,i\,.\,\text{Cos.}\,\eta$$

und die wahre Neigung

$$\text{Sin.}\,\beta M = \text{Sin.}\,I = \text{Sin.}\,i\,.\,\text{Sin.}\,\eta.$$

XI. In dieser Figur stellt also ZBRN den Verticalkreis vor, welcher in der vorhergehenden durch bLQ ausgedrückt ist, mit diesem bildet die horizontale Magnetnadel den Winkel $\beta LR = f + g$. Nun findet sich im Dreieck bLP der vorhergehenden Figur der Winkel $bLP = \Delta$ aus

$$\text{Cot.g.}\,\Delta = \text{Cot.}\,\varepsilon\,.\,\text{Cos.}\,p\,.\,\text{Cosec.}\,(q - \zeta) - \text{Sin.}\,p\,.\,\text{Cot.}(q - \zeta).$$

Dieses ist also der Winkel, welchen der magnetische Verticalkreis durch den Ort L mit seinem geographischen Meridiane bildet. Daraus wird die magnetische Abweichung selbst

$$D = \Delta \mp (f + g).$$

Ein positiver Werth von D bezeichnet westliche, ein negativer östliche Abweichung.

Digitized by Google

Hansteen untersucht nun die Lage einer Nadel, die von zwei Kräften k und k' getrieben wird, und die Kraft K, welche sie in dieser Lage zu erhalten strebt. Gesetzt diese wirken in den Richtungen Ac und Bc, welche den Winkel c einschlieſsen, so ist $k \, Sin. x = k' \, Sin. (c - x)$; hieraus

Fig. 220.

$$Cot. x = \frac{k}{k'}. Cosec. c. + Cot. c$$

und $Cot. (c - x) = \frac{k'}{k} Cosec. c + Cot. c$, und man hat für das Verhältniſs der Kräfte k und k'

$$\frac{k}{k'} = \frac{Sin. (c - x)}{Sin. x}.$$

Die Kraft selbst wird

$$K = \sqrt{k^2 + k'^2 + 2 k k' \, Cos. c.}$$

Man nehme nun an, die Erde habe zwei Magnetaxen, deren Einflusse die Nadel ausgesetzt ist; ND bezeichne den Horizont des Ortes L, ferner LB die Ruhelinie der Nadel, wenn nur die eine der magnetischen Axen auf sie wirkte, LA ebendieses in Beziehung auf die andere Axe, so ist $NF = D =$ der einen Abweichung; $ND = D' =$ der andern Abweichung; $FB = I =$ der einen Neigung; $DA = I' =$ der andern Neigung; der Bogen $DF = D - D'$, und der Winkel $ALB = c$. Dann hat man

Fig. 221.

$$Cos. c = Sin. I . Sin. I' + Cos. I \; Cos. I'. \; Cos. (D - D').$$

Man setze die absolute Kraft der einen Magnetaxe $= M$, der andern $= M'$, die Wirkung der erstern nach $LA = MF$, die der andern nach $LB = M'F$ (wofür man auch die Gröſsen k und k' annehmen kann), die Mittelwirkung LG in der Ebene ALB, so wird

$$Cot. \; AG = Cot. x = \frac{MF}{M'F'} \; Cosec. c + Cot. c$$

und

$$Cot. BG = Cot. y = Cot. (c - x) = \frac{M'F'}{MF} \; Cosec. c + Cot. c.$$

Ist $APG = DE = O$, so hat man

$$Cot. O = \frac{MF. Cos. I}{M'F'. Cos. I' \, Sin. (D - D')} + Cot. (D - D').$$

LE ist alsdann die Lage der horizontalen Nadel, mithin $ELN = EN$ ihre mittlere Abweichung vom geographischen

Digitized by Google

Meridiane PNZ $= \mathfrak{D} = D - O$. Endlich erhält man für die mittlere Neigung EG = I

$$\mathrm{Sin.}I = \frac{M F \,\mathrm{Sin.}I + M' F' \,\mathrm{Sin.}I'}{\sqrt{(M^2 F^2 + M'^2 F'^2 \pm 2 M M' F F'.\,\mathrm{Cos.}\,c)}}.$$

Kennte man die Lage und Gröſse der beiden Magnetaxen, so lieſse sich aus einer einzigen Abweichungsbeobachtung das Verhältniſs der absoluten Kräfte $\frac{M}{M'}$ bestimmen, und ebendieses kann auch aus einer einzigen Neigungsbeobachtung hergeleitet werden.

Denn man hat

$$\mathrm{Cot.}\,x = \mathrm{Cot.}\,c + \frac{\mathrm{Cos.}\,I'.\,\mathrm{Sin.}(\mathfrak{D} - D')}{\mathrm{Cos.}I\,\mathrm{Sin.}\,c.\,\mathrm{Sin.}(D - \mathfrak{D})}$$

und hiernach $\frac{M}{M'} = \frac{F'.\,\mathrm{Sin.}(c - x)}{F\,\mathrm{Sin.}\,x}$.

Hier wäre $I = AD$; $I' = FB$; $D = ND$; $D' = NF$; $D - D' = DF$.

Man müſste dann vorerst die magnetische Länge und Breite des Beobachtungsortes, ebenso die ihm zukommende Abweichung und Neigung für jede Magnetaxe besonders, endlich auch die Functionen der magnetischen Wirkung F und F′ nach dem fünften Hauptstücke berechnen. Aus der Neigungsbeobachtung findet sich unter den nämlichen Vorbereitungen der Winkel x auf folgende Weise.

Man mache

$$\mathrm{Tang.}\,m = \frac{\mathrm{Sin.}\,I'}{\mathrm{Sin.}\,c.\,\mathrm{Sin.}\,I} \text{ und}$$

$$\mathrm{Cos.}\,n = \frac{\mathrm{Sin.}\,I.\,\mathrm{Cos.}\,m}{\mathrm{Sin.}\,I.}, \text{ sodann ist } x = m \mp n.$$

Hansteen versucht noch eine Gröſse Q, welche das Verhältniſs der Länge einer Magnetaxe zum Radius der Erde ausdrückt, zu bestimmen. Die Beobachtungen scheinen anzugeben, daſs die Intensität in der Nähe des magnetischen Pols den Werth von 2 nicht überschreite, wenn sie unter dem magnetischen Aequator = 1 angenommen wird. Hieraus würde folgen, daſs die Magnetaxen kleiner als die Hälfte des Erdradius seyn müſsten. Vollständigere Beobachtungen der Abweichung, Neigung und Intensität in der Nähe der Magnetpole selbst würden auch dieses Element berichtigen. Inzwischen kann man nach der Formel

$$\frac{M}{M'} = \frac{F'.\,\mathrm{Cos.}\,I'\,\mathrm{Sin.}(\mathfrak{D} - D')}{F.\,\mathrm{Cos.}\,I.\,\mathrm{Sin.}(D - \mathfrak{D})}$$

Digitized by Google

die Neigung I und ebenso auch die mittlere Abweichung 𝔇 unter verschiedenen Voraussetzungen von Q berechnen und die Resultate mit den Beobachtungen vergleichen.

Das siebente Hauptstück hat die nähere Bestimmung der Lage der Magnetpole, ihrer Gröſse und des Verhältnisses ihrer absoluten Kräfte zum Gegenstande. Hätte die Erde nur *eine* Magnetaxe, deren Excentricität $= 0$ wäre, so würden die verlängerten Richtungen der horizontalen Magnetnadel einander in den Endpuncten dieses magnetischen Diameters schneiden. Wäre diese eine Magnetaxe excentrisch, so würde der Convergenzpunct der magnetischen Richtungslinien irgendwo im ersten magnetischen Meridiane zwischen den Endpunct der Magnetsehne und den pericentrischen Endpunct des magnetischen Durchmessers fallen. Noch weit mehr aber werden jene Convergenzpuncte von den Endpuncten der Magnetsehne verschieden seyn, wenn zwei Magnetaxen auf die horizontale Nadel einwirken. Daher müssen die Beobachtungen ganz in der Nähe eines Convergenzpuncts gewählt werden, wo die Einwirkung der entferntern Axe beträchtlich geringer ist. Immerhin aber wird die Anwendung der eben gegebenen Formeln ihre Schwierigkeit haben, da die in denselben angenommenen Endpuncte der Axen unbekannt sind, weil sie nicht mit den Convergenzpuncten zusammenfallen. Hansteen, nachdem er sich mit weitläuftigen Rechnungen abgemüdet hatte, um zu einigen sichern Grundlagen zu gelangen, sah sich doch zuletzt genöthigt, einen indirecten Weg einzuschlagen, und indem er vorläufig die Convergenzpuncte für die Axenenden selbst nahm, bemühte er sich, durch allmälige Verbesserungen die obenerwähnten Gröſsen α, ε, ζ und δ[1] zu bestimmen.

Da die Abweichungen, welche zur Bestimmung eines Convergenzpunctes dienen, auch von der Anziehung der an-

1 $\alpha =$ Bb (Fig. 221) ist gleich dem Bogen zwischen dem Ende der Magnetaxe und dem Endpuncte des mit ihr parallelen Erddiameters;

$\varepsilon =$ Pb $=$ dem Abstande des magnetischen Aequatorpoles b vom geographischen Erdpole;

$\zeta =$ MPb $=$ der geographischen Länge des Aequatorpoles b;

$\delta =$ PbB $=$ dem Winkel zwischen dem Polarkolur und dem ersten magnetischen Meridiane.

Digitized by Google

dern Magnetaxe influenzirt werden, so sucht Hansteen sie erst für diese Einwirkung zu verbessern, ein Geschäft, das jedoch bei der Ungewiſsheit über Kraft, Entfernung und Richtung des störenden Zuges nicht anders als sehr unsicher ausfallen kann. So erhält er für die Abweichung von 8° 3′ W. in Prince of Wales Fort (59° N. und 97° W.), also nur etwa 12 Grade im Bogen vom nordamericanischen Convergenzpuncte entfernt, eine Vergröſserung von 5° 47′, so daſs die berichtigte Abweichung = 13° 44′ seyn soll; ebenso vergröſsert er eine in der Hudsonstraſse in 62° N. und 69° W. gemachte Beobachtung von 42° 45′ W. um 24° 50′, wodurch sie in 67° 35′ verwandelt wird. Begreiflich wird dadurch die Lage des Convergenzpunctes in solchem Maſse geändert, daſs sie sich mit demjenigen, was noch nähere Beobachtungen darbieten, nicht mehr vereinigen läſst. Nach einer sechsmaligen ziemlich mühsamen Verbesserung der Werthe α, ε, ζ und δ setzt er dieselben auf folgende Weise fest:

Axe	α	ε	ζ	δ	Q	M
A B	3°13′	29° 0′	309°31′	129°49′	3	1,77
a b	5°30	28 28	113 38	46 40	3	

Die Länge der Magnetaxen wird also zu $\frac{1}{3}$ des Erdradius angenommen; die absolute Kraft der stärkern Magnetaxe ist 1,77, wenn die der schwächern = 1 gesetzt wird.

Hansteen stellt in seinem Werke 84 Beobachtungen der Abweichung, Neigung und zum Theil auch der Intensität zusammen; für 48 derselben berechnet er aus den angenommenen Elementen die drei magnetischen Erscheinungen.

Digitized by Google

Beobachtungen in der nördlichen Halbkugel.

No.	Ort der Beobachtung	Breite			Länge v. Greenw.			Abweichung. Beobacht.			Abweichung. Berechn.			Diff.		
1	Teneriffa	28°	28′	N.	16°	13′	W.	16°	0′	W.	15°	34′	W.	+	0°	26′
2	Paris	48	50	-	2	20	O.	20	15	-	21	35	-	—	1	20
3	Vogelsang	79	53	-	12	1	-	20	38	-	45	40	-	—	25	2
4	Nordcap	71	10	-	25	50	-	6	0	-	23	58	-	—	17	58
5	Alexandria	31	12	-	29	55	-	11	50	-	10	59	-	+	0	51
6	Petersburg	59	56	-	30	19	-	9	12	-	14	50	-	—	5	38
7	Irkutzk	52	17	-	104	11	-	0	32	O.	4	25	O.	—	3	53
8	Petropaulowsk	53	0	-	158	48	-	6	19	-	11	12	-	—	4	53
9	Samganudha	53	5	-	193	50	-	19	59	-	17	34	-	+	2	25
10	Norton Sund	64	31	-	197	13	-	25	45	-	25	38	-	+	0	7
11	Nutka Sund	49	36	-	233	17	-	19	44	-	19	8	-	+	0	36
12	Mexico	19	26	-	103	45	W.	7	30	-	8	17	-	—	0	47
13	Albang Fort	52	22	-	82	2	-	17	0	W.	12	27	-	—	29	27
14	Muskito Cove	64	53	-	52	56	-	50	36	-	39	24	W.	+	11	12
15	Atlant. Meer	12	34	-	50	54	-	1	45	O.	4	21	-	—	6	6
16	- -	14	20	-	45	43	-	7	0	W.	6	14	-	—	5	14
17	- -	20	8	-	26	14	-	9	0	-	12	8	-	—	3	8
18	- -	21	36	-	23	20	-	11	0	-	13	16	-	—	2	16

No.	Neigung		Diff.	Intensität		Diff.
	Beobacht.	Berechn.		Beobacht.	Berechn.	
1	62° 25′	51° 29′	+ 10° 56′	1,272	1,195	+ 0,077
2	69 28	62 19	+ 7 9	1,348	1,394	— 0,046
3	32 0	78 36	+ 3 24		1,833	
4	79 0	73 28	+ 5 32		1,682	
5	47 30	44 23	+ 3 7		1,005	
6	72 36	67 42	+ 4 54		1,046	
7	67 0	59 5	+ 7 55		1,366	
8	63 5	62 50	+ 0 15		1,520	
9	69 23	67 37	+ 1 46		1,619	
10	76 25	72 57	+ 3 28		1,831	
11	72 29	68 14	+ 4 15		1,775	
12	42 10	43 3	— 0 53	1,316	1,326	— 0,010
13	79 20	71 5	+ 8 15		1,948	
14	81 22	80 48	+ 0 34		2,027	
15	45 8	39 41	+ 5 27	1,230	1,117	+ 0,113
16	52 55	41 11	+ 11 44	1,283	1,120	+ 0,163
17	56 42	46 19	+ 10 23	1,251	1,090	+ 0,161
18	57 49	45 43	+ 12 6	1,262	1,100	+ 0,162

Beobachtungen um den magnetischen Aequator bis auf 34° Breite.

No.	Ort der Beobachtung	Breite	Länge	Abweichung Beobacht.	Abweichung Berechn.	Diff.
19	Atlant. Meer	12° 48′ S.	15° 40′ W.	8° 0′ W.	5° 35′ W.	+ 2° 25′
20	St. Helena	15 55 S.	5 43 —	12 18 —	6 31 —	+ 5 47
21	Bareedy	24 16 N.	38 50 O.	13 55 —	10 19 —	+ 3 36
22	Mocha	13 22 N.	44 10 —	11 28 —	9 8 —	+ 2 20
23	Indisch. Meer	11 57 N.	63 22 —	4 23 —	7 33 —	— 3 10
24	- -	11 13 N.	87 2 —	1 36 O.	4 5 —	— 5 41
25	Surabaja	7 14 S.	111 11 —	2 31 W.	3 58 —	— 1 27
26	Macao	22 9 N.	113 48 —	0 32 —	0 33 O.	— 1 15
27	Amboina	3 42 S.	128 7 —	1 13 O.	1 6 —	+ 0 7
28	Tongatabu	21 8 S.	175 2 —	9 58 —	9 17 —	+ 0 41
29	Otaheite	17 29 S.	149 8 —	5 0 —	6 31 —	— 1 31
30	Südsee	1 12 N.	146 46 —	5 18 —	8 7 —	— 2 49
31	-	19 44 S.	106 15 —	2 45 —	5 50 —	— 3 5
32	Cocosinsel	5 35 N.	86 54 W.	7 45 —	6 18 —	+ 1 27
33	Peru Nullpct.	7 1 S.	77 33 —	8 10 —	6 20 —	+ 1 50
34	Lima	12 2 S.	76 54 —	7 30 —	7 5 —	+ 0 25
35	Carthagena	10 26 N.	75 20 —		3 7 —	
36	Cumana	10 27 N.	64 50 —	4 14 —	0 1 —	— 4 13
37	Atlant. Meer	30 22 S.	31 37 —	3 7 —	2 20 —	+ 0 47
38	- -	34 25 S.	18 20 —	3 18 W.	0 40 W.	+ 2 38

No.	Neigung Beobacht.	Neigung Berechn.	Neigung Diff.	Intensität Beobacht.	Intensität Berechn.	Intensität Diff.
19	0° 0′	6° 28′ S.	— 6° 28′		0,779	
20	11 25 S.	13 36 —	— 2 11		0,768	
21	34 20 N.	34 53 N.	+ 0 33		0,861	
22	8 22 —	17 47 —	+ 9 25		0,760	
23	0 22 S.	12 0 —	+ 12 22		0,752	
24	4 45 —	6 45 —	+ 11 30		0,786	
25	25 40 —	27 42 S.	— 2 2	0,935	0,940	— 0,005
26	22 4 N.	25 5 N.	+ 3 1		0,880	
27	20 37 S.	28 28 S.	+ 1 51	0,953	0,935	+ 018
28	39 2 —	42 18 —	+ 3 16		1,238	
29	29 51 —	35 14 —	+ 5 23		1,141	
30	0 0 —	2 45 N.	— 2 45		0,991	
31	35 49 —	32 7 S.	— 3 42		1,136	
32	19 45 N.	22 37 N.	— 2 52		1,071	
33	0 0 —	0 58 —	— 0 58	1,000	1,000	0,000
34	9 59 S.	8 56 S.	— 1 3	1,077	0,999	+ 0,078
35	35 15 N.	34 8 N.	+ 1 7	1,294	1,172	+ 0,121
36	39 47 —	40 2 —	— 0 15	1,178	1,146	+ 0,032
37	29 7 S.	33 21 S.	+ 4 14		0,955	
38	35 45 —	38 36 —	+ 2 51		0,973	

Beobachtungen in der südlichen Halbkugel in der Nähe der Magnetpole.

No.	Ort der Beobachtung	Breite	Länge	Abweichung Beobacht.	Abweichung Berechn.	Diff.
39	Simonsbay	34° 20′ S.	18° 28′ O.	21° 14′ W.	10° 31′ W.	+ 10° 43′
40	Indisch. Meer	33 28 —	57 55 —	23 55 —	15 16 —	8 39
41	- -	28 20 —	77 10 —	12 46 —	13 1 —	0 15
42	- -	32 20 —	89 22 —	10 55 —	13 39 —	2 44
43	- -	22 31 —	102 32 —	5 45 —	8 43 —	— 2 58
44	Georg III. Sound	35 5 —	118 14 —	5 20 —	8 31 —	— 3 11
45	Port du Nord	43 32 —	146 56 —	5 15 O.	1 15 —	— 6 30
46	Dusky Bay	45 47 —	166 18 —	13 49 —	3 56 O.	— 9 53
47	Talkaguana B.	36 43 —	73 10 W.	15 15 —	14 35 —	— 0 40
48	Christmas S.	55 22 —	70 2 —	24 43 —	16 32 —	— 8 11

No.	Neigung Breite	Neigung Berechn.	Diff.	Intensität Beob.	Intensität Berechn.	Diff.
39	45° 19′ S.	42° 56′ S.	+ 2° 23′		1,047	
40	62 21 —	49 30 —	+ 12 51		1,101	
41	58 52 —	48 47 —	+ 10 5		1,120	
42	59 52 —	54 30 —	+ 5 22		1,216	
43	50 0 —	46 33 —	+ 3 27		1,139	
44	64 54 —	59 41 —	+ 5 13		1,442	
45	70 50 —	67 17 —	+ 3 33	1,577	1,676	— 0,099
46	70 6 —	67 46 —	+ 2 20		1,657	
47	50 45 —	47 54 —	+ 2 51		1,257	
48	66 54 —	65 38 —	+ 1 16		1,550	

Wir haben absichtlich diese Tabellen in ihrer vollen Ausdehnung gegeben, theils weil sie als Resultat einer sehr weitläufigen Rechnung diese Anerkennung wohl verdienen, hauptsächlich aber, weil die verhältniſsmäſsig sehr geringen Fehler denn doch den Beweis zu geben scheinen, daſs Hansteen's Hypothese von zwei Magnetaxen von den angenommenen Kraftverhältnissen und Gröſsen von der Natur nicht eben verläugnet werde. Mag auch er selbst diese lineären Axen nachher mit Cylindern von beträchtlichem Durchmesser vertauschen, mag man überhaupt die Idee von wirklichen Axen aufgeben und sich mit bloſsen Regionen eines concentrirten Magnetismus begnügen, dessen südliche und nördliche Polarkräfte nicht durch das Innere der Erde, sondern durch ihre Oberfläche im Zusammenhange stehn, so hat dieses auf die Erscheinungen selbst und auf die Auffassung der ganzen Sache keinen Einfluſs. Mit Ausnahme der dem nördlichen Magnetpole nähern Puncte Vogelsang, Nordcap, Albanyfort, Muskito Cove, ferner der zwei südlichen Stationen Simonsbay und Dusky-Bay, gehn die Abweichungsfehler nicht über 5 Grade; die berechneten Neigungen, südliche sowohl als nördliche, sind etwas zu klein und ebendieses scheint auch von den Intensitäten zu gelten. Eine kleine Vergröſserung des Winkels ε, wodurch die Magnetaxen eine stärkere Neigung gegen die Erdaxe erhalten, würde schon Vieles verbessern; zudem stammt diese Rechnung aus einer Zeit (d. J. 1819.), wo für die Bestimmung der Magnetpole selbst die Beobachtungen von der heutigen Menge und Entschiedenheit weit entfernt waren.

Hansteen's umfassende Arbeit hat der Wissenschaft aus-

Digitized by Google

nehmend viel genützt, insofern dadurch nicht bloſs die ältern Hypothesen geprüft, sondern insbesondere alle wichtige Thatsachen übersichtlich zusammengestellt worden sind; auſserdem aber ist seitdem ein auffallender Eifer rege geworden, das räthselhafte Wesen des Megnetismus überhaupt und zugleich der Verbreitung desselben in und auf der Erde näher zu erforschen. Es hat sich daher seitdem die Summe der bekannten Thatsachen ausnehmend vermehrt, und es ist in der That merkwürdig, wie genau ein groſser Theil der spätern Erfahrungen, namentlich über die Krümmungen der Linien gleicher Abweichung und gleicher Neigung, wie nicht minder die Lage des einen nördlichen Magnetpols mit den theoretischen Bestimmungen des nordischen Gelehrten übereinstimmt. Auf der andern Seite läſst sich jedoch nicht verkennen, daſs aus der nähern Kenntniſs des tellurischen Magnetismus und des magnetischen Verhaltens der Körper überhaupt mehrere gewichtige Argumente hervorgehn, die gegen die Annahme magnetischer Axen der Erde und überhaupt gegen den Sitz des Magnetismus im Innern der Erde streiten und daher Hansteen's Hypothese, ebenso wie die ähnlichen aller seiner Vorgänger, bedeutend erschüttern. Ein gewichtiges Argument gegen dieselben liegt hauptsächlich in den jährlichen und täglichen Variationen der magnetischen Abweichung und Neigung, deren unerwartete Regelmäſsigkeit man durch verglichene Beobachtungen erst neuerlich kennen lernte, die einen unverkennbaren Zusammenhang mit dem Umlaufe der Sonne beurkunden und die sich daher mit der bleibenden Wirkung eines Magnetes im Innern der Erde nicht wohl vereinigen lassen. Diese und andere Thatsachen scheinen vielmehr die Hypothese zu begünstigen, daſs die Erde auf ihrer Oberfläche durch äuſsern Einfluſs, vermuthlich des Sonnenlichts oder der hierdurch erzeugten Wärme, auf eine ähnliche Weise, als weiches Eisen oder sonstige Körper, magnetisch werde, mithin als ein *Elektromagnet* oder ein *Thermomagnet* zu betrachten sey, was am Ende dem Wesen nach auf das Nämliche hinausläuft. Hierfür lassen sich eine Menge Gründe anführen und unter diesen so gewichtige, daſs das endliche Obsiegen dieser Theorie kaum mehr zweifelhaft scheint. Dennoch aber existiren bis jetzt noch bloſs Bruchstücke und Materialien zu einem endlich zu vollendenden Gebäude, denn es ist noch keinem

Physiker gelungen, eine solche Hypothese vollständig und mit Anwendung auf die gesammte Summe der Erscheinungen so vollständig auszuarbeiten, daſs sie den jetzigen Anforderungen an die Wissenschaft genügen könnte, vielmehr ist man zum groſsen Nutzen des endlich zu erzielenden Resultates eifrigst darauf bedacht, vorläufig erst eine genügende Menge der genauesten Thatsachen zur Begründung einer Theorie über den Magnetismus überhaupt und des tellurischen Magnetismus insbesondere aufzufinden. Hierdurch ist jedoch die Menge der Beobachtungen, unter denen die neueren in Folge wesentlich verbesserter Apparate und genauerer Versuche viele der aus den älteren erhaltenen Resultate nicht unbedeutend abändern, so ausnehmend vermehrt, daſs es nicht bloſs viele Mühe erfordert, sondern kaum möglich ist, sie alle mit Rücksicht auf ihren gröſsern oder geringern Werth zusammenzustellen, um so mehr, da sie in vielen und mitunter seltenen Werken zerstreut sind. Vielleicht gelingt es dem unermüdeten Hansteen oder einem spätern, mit gleichem Eifer und Scharfsinne arbeitenden Gelehrten, diese Aufgabe noch einmal um einen ebenso bedeutenden Schritt weiter zu fördern und dadurch einen der wichtigsten und interessantesten Zweige der physikalischen Wissenschaften vollständig aufzuhellen. Alles, was daher über spätere Theorieen beigebracht werden kann, sind bloſs Bruchstücke, Vermuthungen und einzelne hingeworfene Gedanken, mitunter sehr sinnreich und aus wohlbegründeten Thatsachen viel Wahrscheinlichkeit entnehmend, als ein vollständiges Ganzes können sie jedoch nicht betrachtet werden und die Zukunft muſs erst zeigen, wie viel von ihnen als nützlich und brauchbar sich bewähren wird.

Wenn also zu den theoretischen Bestimmungen der neuesten Zeit diejenigen Bemühungen vieler Gelehrten gezählt werden, wodurch sie darzuthun suchen, daſs der Magnetismus nicht im Innern der Erde seinen Sitz hat, sondern über und durch die äuſsere Rinde derselben vertheilt ist, so gehören hierher vor allen andern zuerst die Versuche von P. Barlow[1], wodurch er die Verbreitung des Magnetismus über die Ober-

1 Phil. Trans. 1818. Encyclop. metrop. Art. Magnetism. p. 743. Letzteres ein Auszug aus: An Essay on Magnetic Attractions and on the Laws of Terrestrial and Electro-Magnetism. 2d. Ed.

Digitized by Google

fläche eiserner Kugeln aufgefunden hat, wozu ihm vortreffliche Gelegenheit im Arsenale zu Woolwich dargeboten wurde. Es darf hierbei wohl als bekannt vorausgesetzt werden, daſs weiches Eisen an sich nicht magnetisch ist, wohl aber nach dem Verhältniſs seiner Lage und Richtung gegen den magnetischen Meridian durch den Einfluſs des tellurischen Magnetismus sofort magnetisch wird, seine Polarität aber, wenn es wirklich reines Eisen ist, augenblicklich mit der Veränderung jener Lage wechselt. Barlow fand in jeder eisernen Kugel eine Ebene ohne Anziehung, welche in unserer Halbkugel von Nord nach Süd gerichtet ist und mit dem Horizonte einen Winkel bildet, welcher dem Complemente der Neigung eines jeden Orts gleich ist. Denkt man sich eine mit der Oberfläche einer solchen massiven oder auch hohlen eisernen Kugel concentrische Sphäre, zieht man in der genannten Ebene einen Aequator und in der Sphäre Längen- und Breitenkreise, wobei man den ersten Meridian durch den Ost- und Westpunct gehn läſst, so ist, da der Durchmesser der Kugel und der Abstand der Nadel unverändert bleiben, die Tangente des Abweichungswinkels proportional dem Rectangel des Sinus der doppelten Breite und des Cosinus der Länge des Orts, wo sich die Magnetnadel in Beziehung auf die eingebildete Sphäre befindet. Anstatt einer solchen hohlen, die Eisenkugel umgebenden Sphäre denke man sich eine solche den Unterstützungspunct der Magnetnadel umgebende, so müssen jene und diese Sphäre in gleichem Verhältnisse zur Magnetnadel stehn, vorausgesetzt, daſs die Eisenkugel von regelmäſsiger Gestalt ist, weswegen es aber besser seyn wird, bloſs die Magnetnadel und die sie umgebende Sphäre zu berücksichtigen. Ist bloſs der Abstand der Nadel veränderlich, so ist die Tangente der Abweichung dem Kubus des Abstandes umgekehrt proportional, und wenn auch der Abstand bleibend ist, so sind die Tangenten der Abweichung den Kuben der Durchmesser der Kugeln proportional, wie groſs auch ihre Masse seyn mag, wenn anders die sie bildende Hülle nicht unter eine gewisse Stärke der Metalldicke herabsinkt. Es lassen sich daher diese Gesetze unter einen gewissen allgemeinen Ausdruck bringen, nämlich

Digitized by Google

$$\text{Tang.}\,\varDelta = \frac{D^3}{A\,d^3}\,(\text{Sin.}\,2\lambda\,\text{Cos.}\,l) \text{ oder}$$

$$\text{Tang.}\,\varDelta = \frac{r^3}{A\,d^3}\,(\text{Sin.}\,2\lambda\,\text{Cos.}\,l),$$

worin $\varDelta$ der Abweichungswinkel, λ die Breite und l die Länge auf der vorgestellten Sphäre bezeichnen. Indem also aus den Versuchen mit massiven und hohlen Kugeln hervorgeht, daſs die Kraft ihrer magnetischen Anziehung der Oberfläche oder dem Quadrate der Durchmesser, unabhängig von der Masse, proportional ist, die Tangenten der Abweichung sich aber verhalten wie die Kuben der Durchmesser, so folgt, daſs die Quadrate der Tangenten der Abweichung den Kuben der magnetischen Kraft direct proportional sind. Wenn also bei solchen massiven oder hohlen Eisenkugeln der Magnetismus bloſs auf der Oberfläche vertheilt ist und die Wirkungen desselben auf eine genäherte Magnetnadel sich auf bestimmte Gesetze zurückbringen lassen, so muſste die Kenntniſs dieser Thatsachen zu dem Gedanken führen, daſs auch unsere Erde auf ähnliche Weise bloſs auf ihrer Oberfläche magnetisch sey, wobei jedoch die schwierige Aufgabe noch ungelöst blieb, nachzuweisen, wie und wodurch dieser Magnetismus auf eine solche Weise erzeugt werde, daſs daraus alle die vielen Erscheinungen des tellurischen Magnetismus erklärlich würden, und dieses ist eben die bis jetzt noch keineswegs genügend beantwortete Frage.

Allgemeine Andeutungen, woraus mit Wahrscheinlichkeit geschlossen wurde, daſs die Erde auf ihrer Oberfläche durch äuſsere Einwirkung, vermuthlich durch das Sonnenlicht unmittelbar oder die hierdurch erzeugte Wärme, magnetisch werde, mithin als ein Thermomagnet oder als ein Elektromagnet zu betrachten sey, giebt es in Menge. Ampère[1], welcher so viel für die nähere Kenntniſs des Elektromagnetismus gethan hat, äuſserte die Hypothese, die Erde werde durch einen elektrischen Strom magnetisch, welcher sie täglich von Ost nach West umflieſse, was auch mit seiner Ansicht vom Magnetismus überhaupt vollkommen übereinstimmt[2]. Diesemnach leitete er die täglichen Variationen der Abweichung von

1 G. LXVII. 149.

2 Vergl. *Elektromagnetismus*. Bd. III. S. 609.

Digitized by Google

der durch wechſelnde Wärme bedingten ungleichen Stärke der elektrischen Erreger ab. Davy[1] stellte nach der Darlegung der interessanten Resultate, die ihm die Wiederholung der Oersted'schen Versuche gegeben hatte, nur hypothetisch die Frage auf, ob nicht die Erde selbst ein Elektromagnet sey, da starke, mit dem Sonnenlichte dieselbe umkreisende elektrische Ströme sie genau auf die Weise magnetisch machen müſsten, als wir dieses in der Erfahrung gegeben finden. Barlow, Christie, Sturgeon und andere haben zur Versinnlichung Terrellen verfertigt und diese mit Drähten umwunden, die den elektrischen Strom zweier Glieder der einfachen Volta'schen Kette leiteten, um eine magnetische Erdkugel nachzubilden, allein es ist bis jetzt noch niemandem gelungen, die sämmtlichen Eigenthümlichkeiten des tellurischen Magnetismus auf einer solchen künstlichen Erdkugel nachzubilden, und es dürfte dieses auch ein für immer unauflösliches Problem seyn, da es unmöglich ist, alle die verschiedenen bedingenden Ursachen, die auf unserer Erde die Gesammtwirkung zu erzeugen dienen, im Kleinen nachzubilden. Seebeck[2], der Entdecker des Thermomagnetismus, äuſserte sogleich bei seiner ausführlichen Untersuchung über diesen Gegenstand, daſs die magnetische Polarität mit bedeutender Stärke in der Erde durch ungleiche Erwärmung erregt werden müsse, wenn wir annehmen, daſs sie im Innern von verschiedenartigen Metallgürteln durchzogen sey. Solche Metallgürtel und zusammenhängende Erzadern sind zwar sicher nicht vorhanden, und auf jeden Fall würde es eine zu kühne Hypothese seyn, sie unter den weiten Meeren hin fortgesetzt zu denken, allein man bedarf derselben nicht, um eine elektrische Erregung möglich zu finden. Muncke[3] hat nämlich durch Versuche, die nach seiner Ansicht mit ähnlichen, früher von Fresnel, Pouillet, Pfaff und andern beobachteten Erscheinungen übereinstimmen, bewiesen, daſs Glas, Eis, Thon und sonstige Körper in Folge geringer Temperaturdifferenzen, die 3° bis 4° C. nicht übersteigen, thermoelektrisch werden. Hieraus folgert derselbe, daſs diesemnach die

1 Phil. Trans. 1821.
2 Poggendorff's Ann. VI. 280.
3 Ebendas. XX. 417.

Elektricität auf der Erdoberfläche füglich durch die Einwirkung der Sonnenstrahlen erregt werden könne und daſs also in Folge der Rotation der Erde von West nach Ost ein elektrischer Strom sie täglich einmal in entgegengesetzter Richtung umkreisen müsse. Weil aber ein elektrischer Strom in dieser Richtung südpolaren Magnetismus im astronomischen Norden erregen würde, so stimmt die Anwesenheit eines Südpols in dortiger Gegend hiermit genau überein. Allerdings könnte streng genommen nur ein einziger solcher Pol, und zwar mit dem astronomischen Erdpole zusammenfallend, dort vorhanden seyn, wenn die Erde aus gleichartigen oder aus gleichmäſsig vertheilten Körpern bestände, es kann jedoch aus der Anwesenheit von zwei Polen kein gültiger Beweis gegen die Richtigkeit jener Hypothese hergenommen werden, da ungleichmäſsig elektrisch erregbare Substanzen, namentlich Wasser und Land, in mannigfaltiger Gruppirung über die Nordhälfte unserer Erde verbreitet sind. Diese Beobachtungen einer auch in andern Körpern, als Metallen, erregten Thermoelektricität führen insofern einen Schritt weiter, als sie auch auf die Bestandtheile der Erdballs, namentlich das Eis, Anwendung leiden, obgleich wir noch weit davon entfernt sind, die Nothwendigkeit des Vorhandenseyns von zwei magnetischen Polen, was vorläufig wohl die nächste und wichtigste Aufgabe einer genügenden Theorie seyn dürfte, aus der Configuration der verschiedenen Bestandtheile unserer Erde und ihrem verschiedenen Verhalten rücksichtlich der thermoelektrischen Erregung genügend nachgewiesen zu sehn.

Unter den Versuchen, den Magnetismus unsrer Erde aus thermoelektrischer Erregung abzuleiten, die sich jedoch auf bloſse metallische Combinationen beschränken, verdienen die von Christie[1] besonders erwähnt zu werden. Dieser sucht, in Gemäſsheit früherer Versuche von Seebeck, Cumming und Traill, die täglichen Variationen der Declination aus der Thermoelektricität abzuleiten, die vermittelst der Wärme in der Verbindung des Luftkreises mit der Oberfläche der Erde und des Wassers erregt werden soll. Um diesen fortdauernden Contact ähnlicher nachzubilden, vereinigte er einen

---

1 Phil. Trans. 1827. Im Auszuge in Edinb. New Phil. Journ. No. VI. p. 356. Wien. Zeitschr. Th. IV. S. 81.

Digitized by Google

äuſsern kupfernen mit einem innern wismuthenen Ringe und fand, daſs an jeder erhitzten Stelle Magnetismus erregt wurde, so daſs dieser eine genäherte Nadel ungleich abweichen machte. Ein späterer Apparat desselben bestand aus einer Scheibe Wismuth mit einem kupfernen Ringe umgeben, so daſs das Ganze eine Scheibe von 119 Unzen Troy-Gewicht bildete. Wurde dieser Apparat erhitzt und umgedreht, so entstand Magnetismus, welcher auf eine leichte Nadel so einwirkte, daſs Christie dadurch auf vier magnetische Pole, je zwei einander gegenüber, geführt wurde. Indem er ferner die Zeit der stärksten Erwärmung auf 3 Uhr Nachmittags festsetzte, den Apparat um seine Axe drehte und die bei einer leichten Nadel erzeugten Abweichungen mit denen verglich, die durch Hood im Jahre 1821 zu Fort Enterprize unter 64° 28′ N. B., durch Canton 1759 zu London, Forster 1825 zu Port Bowen und den Obrist Beaufoy 1820 zu Bushy-Heath wahrgenommen worden sind, so fand er zwischen diesen eine groſse Uebereinstimmung. Es läſst sich jedoch wohl nicht verkennen, daſs die Einmischung der Phantasie und vorgefaſster Meinungen diese Erscheinungen übereinstimmender gemacht hat, als sie in der Wirklichkeit waren.

Wir haben sonach über den Magnetismus der Erde zwei Hypothesen; nach der einen, die wegen der groſsen Vollständigkeit, welche ihr durch Hansteen zu Theil geworden ist, nach diesem Gelehrten benannt werden kann, ist die Erde durch eine in ihrem Innern befindliche, in vier Polen nach auſsen hervorgehende Kraft magnetisch; nach der zweiten, die noch von niemandem so vollständig ausgearbeitet worden ist, daſs sie diesem gemäſs den Namen eines Gelehrten zu verewigen vermöchte, ist ihr Magnetismus das Resultat einer fortdauernden äuſsern Einwirkung, die muthmaſslich die Wärme und die hierdurch erzeugte Elektricität seyn muſs. Kupffer [1], dessen Urtheil durch seine umfassende und gründliche Kenntniſs der Thatsachen von groſser Bedeutung ist, vergleicht beide mit einander und findet ein Uebergewicht auf der Seite der letztern. Wäre nämlich die Erde in Folge eines innern magnetischen Kerns magnetisch, so müſste die Intensität mit der Bodentemperatur abnehmen, weil die Kälte den Magnetismus aller uns be-

1 Poggendorff's Ann. XV. 190.

kannten Körper schwächt; ist sie aber in Folge äuſserer Einflüsse, namentlich der Wärme, magnetisch, so muſs das Entgegengesetzte statt finden. Bei gleicher Bodentemperatur verschiedener Orte müſsten also die Linien gleicher Neigung und gleicher Intensität zusammenfallen, bei vorherrschender gröſserer Kälte aber werden die letztern südlicher liegen. Nach Hansteen's Charten laufen beide Linien in Schottland einander ziemlich parallel, nach Osten aber, in Norwegen und Schweden, werfen sich die letztern mehr nach Norden und durchschneiden die erstern, auf derselben Neigungslinie ist also in Osten die Intensität geringer und ebenso die Bodenwärme. Edinburg und Stockholm habe ungefähr gleiche Neigung, aber in Edinburg ist die Intensität = 1,4, die Bodentemperatur = 7°, in Stockholm die erstere = 1,386, die letztere = 5°,2. Ebenso ist in Paris die Intensität = 1,348 bei 9°,2 Bodentemperatur, in Kasan = 1,320 bei 5° C. Auch in Teneriffa ist sie = 1,298 bei 14°,5 und in Neapel = 1,275 bei 13° C. Darum fällt auch der Pol der Intensitäten südlicher, als der Pol der Neigungen, denn die Intensität nimmt mit der zunehmenden Kälte der Bodentemperatur ab. Man muſs daher den Pol der Intensitäten südlich vom Neigungspole suchen, und wirklich liegt nach Hansteen ersterer unter 56° nördl. Br. und 80° westl. L. von Paris, letzterer unter 71° nördl. Br. und 102° westl. L. von Paris. Das gewichtigste Argument nimmt jedoch Kupffer in Uebereinstimmung mit der Mehrzahl der Physiker aus den täglichen Variationen der Declination und auch der Neigung her, die so augenfällig mit dem Laufe der Sonne und dem Gange der durch das Licht erzeugten Wärme zusammenhängen, daſs man nicht wohl umhin kann, zwischen beiden einen Causalnexus anzunehmen. Vermuthlich sind auch hierin die gewichtigen Argumente enthalten, die Hansteen[1] neuerdings bewogen haben, an der Haltbarkeit seiner übrigens mit den wichtigsten anderweitigen Erfahrungen so genau übereinstimmenden Hypothese zu zweifeln.

---

1 Berzelius Jahresbericht. Th. XII. S. 48.

B. Wesentlichste Erscheinungen des tellurischen Magnetismus.

Der tellurische Magnetismus äuſsert sich hauptsächlich in drei verschiedenen Phänomenen, die zwar, sofern sie von der nämlichen wirksamen Potenz abhängen, dem Wesen nach zusammengehören, dennoch aber sich abgesondert betrachten und untersuchen lassen; diese sind 1) die Abweichung der horizontal schwebenden Nadel vom astronomischen Meridiane, 2) die Neigung einer vertical in ihrem Schwerpuncte aufgehangenen Nadel gegen den Horizont und 3) die Intensität oder Stärke der Anziehung, womit die Nadel durch die Kraft des Erdmagnetismus in ihre eigenthümliche Richtung zurückgezogen wird, wenn man sie daraus entfernt hat. Alle drei sind an den verschiedenen Orten der Erde verschieden und man erhält, wenn man die Orte gleicher Abweichung durch Linien verbindet, die *isogonischen Linien*, für die Orte gleicher Neigung die *isoklinischen Linien* und für die einer gleichen Stärke die *isodynamischen Linien*, alle drei Bezeichnungen sehr zweckmäſsig durch Hansteen eingeführt. Soll jemals eine genügende Theorie über das räthselhafte Wesen des Magnetismus aufgefunden werden, so ist dazu unerläſslich, alle die hierzu gehörigen verschiedenen Thatsachen zu vereinigen und auf ein gemeinsames Gesetz zurückzuführen; es ist demnach unerläſslich, sie so genau als möglich zu kennen, worauf dann auch die neuern Bemühungen der Physiker unabläſslich gerichtet sind und in welcher Beziehung die folgenden Betrachtungen mindestens die Uebersicht zu erleichtern dienen.

a. Abweichung der horizontalen Magnetnadel vom astronomischen Meridiane.

Ueber die Abweichung der Magnetnadel, sowohl die bleibende als auch die vorübergehende, die eine *tägliche* und *jährliche Variation* genannt zu werden pflegt, ist bereits oben[1] gehandelt und es sind dort zugleich die Werkzeuge beschrieben worden, deren man sich zum Messen derselben bedient,

1 *Abweichung der Magnetnadel.* Bd. I. S. 131.

wozu dasjenige als Ergänzung gehört, was oben im vorletzten Abschnitte über die magnetischen Apparate gesagt worden ist. Dort wurde zugleich von den Linien ohne Abweichung gehandelt und von den periodischen Veränderungen dieser und der isogonischen Linien, nicht minder von den beobachteten täglichen und jährlichen Variationen und den speciellen störenden Einflüssen. Eine vollständige Bearbeitung dieses Gegenstandes würde erfordern, die sämmtlichen an den verschiedenen Orten der Erde beobachteten Abweichungen der Magnetnadel zusammenzustellen. Sehr vollständige Tabellen hierüber, worin der gröſste Theil aller ältern Messungen enthalten ist, sind dem mehrerwähnten groſsen Werke von Hansteen hinzugefügt, allerdings eine sehr nützliche Zugabe nicht bloſs für Seefahrer, sondern auch für diejenigen Gelehrten, die sich mit dem Studium des Magnetismus vorzugsweise beschäftigen. Die Zahl der Beobachtungen ist seitdem noch wohl um Tausende vermehrt, und es würde daher für unsern Zweck zu vielen Raum erfordern, wenn wir sie insgesammt aufnehmen wollten. Als einen Ersatz pflegt man sich daher mit den zur leichten Uebersicht ohnehin sehr geeigneten Charten zu begnügen, auf denen die isogonischen Linien gezeichnet sind, welche die Orte gleicher Abweichung verbinden, und daher die an jedem einzelnen Puncte der Erde statt findende Abweichung mindestens näherungsweise angeben. Solche Charten in verkleinertem Maſsstabe aus dem schätzbaren Atlas von Hansteen, welche die isogonischen Linien für das Jahr 1600, dann 1700 und endlich 1800 darstellen, sind oben gleichfalls mitgetheilt worden. Unterdeſs hat Barlow[1] nach den besten Quellen die isogonischen Linien für 1830 auf einer groſsen und prachtvollen Charte zusammengestellt, und es schien uns daher am räthlichsten, diese in verkleinertem Maſsstabe, wodurch der Vollständigkeit und Deutlichkeit kein wesentlicher Abbruch geschehn ist, hier mitzutheilen, wozu nur noch folgende Bemerkungen gehören.

Barlow benutzte zur Entwerfung dieser Charten unter andern die durch die neuesten wichtigen Reisen erhaltenen Resultate, namentlich die Messungen von Beechey auf einer Reiseroute von mehr als 75000 engl. Meilen, von Owen und

1 Phil. Trans. 1833. p. 667.

King an den Küsten Africa's, America's und Neuhollands, von Biscoe bei der Umschiffung des Südpols, von Lütke und Duperrey auf ihren Entdeckungsreisen. Hierzu kamen eine unermeſsliche Menge Beobachtungen verschiedener Seefahrer, namentlich aus dem stillen und indischen Ocean, die ihm durch Beaufort und Horsburgh vermöge ihrer hierzu günstigen Stellungen mitgetheilt wurden und für deren Genauigkeit die Autoritäten und die gebrauchten trefflichen Instrumente bürgen. Die Uebersicht war allerdings am schönsten, als er hiernach die Linien gleicher Abweichung auf einem Globus aufgetragen hatte, allein bei der groſsen Schwierigkeit, sie auf diese Weise zu veröffentlichen, muſste er sie auf Plancharten nach der gewählten Projection auftragen, wie Char. I. u. III. sie auf den Charten I und III dargestellt sind[1]. Die höchst regelmäſsige Krümmung der Linien giebt ihm den Beweis, daſs ein gleichmäſsig wirkendes Gesetz des Magnetismus hierbei bedingend ist und daſs keine einzelnen bedeutenden örtlichen Einflüsse vorhanden sind. Für die merkwürdig gekrümmten Linien im nördlichen Asien benutzte Barlow die Bestimmungen von Hansteen, dessen groſse Verdienste um diesen Zweig der Wissenschaften der Britte mit gebührender Achtung anerkennt; es sind jedoch auch die Messungen des Capitain Lütke an den Küsten von Nova-Zembla und im Norden von Europa nicht unbeachtet gelassen. Eine vorzügliche Befriedigung fand Barlow nach der bereits vollendeten Entwerfung seiner Charte, die im Ganzen für das Jahr 1830 gelten kann, in dem Umstande, daſs die Enden der isogonischen Linien genau auf denjenigen Punct hinwiesen, den Capitain Ross bald nachher als den einen magnetischen Pol aufgefunden hat.

Der Anblick der isogonischen Linien, wie sie im hohen Norden gestaltet sind, giebt zu manchen Betrachtungen Anlaſs, insbesondere aber wird sich sogleich die auſserordentliche Schwierigkeit aufdringen, ihre Richtungen insgesammt zu einem genügenden Systeme zu vereinigen. Unter andern geht

---

1 Barlow's Polarcharte geht nur bis etwas unter den Parallelkreis von 60 Grad herab, ist aber in unserer Copie weiter ausgedehnt, um sie mit der andern Polarcharte in Uebereinstimmung zu bringen; auch muſste sie in einigen Stücken berichtigt werden.

Digitized by Google

dieses hauptsächlich aus der Gestalt der Linien ohne Abweichung hervor. So wie nämlich die americanische in ihrer Verlängerung auf den einen Magnetpol trifft, müſste dieses auch bei der andern der Fall seyn, allein diese, die man zuerst unter etwa 70° nördl. Br. und 37° östl. L. von Greenwich auffand, hat nicht bloſs in der Gegend des Aequators, sondern auch im hohen Norden und hier noch ausgezeichneter eine so merkwürdige Krümmung, daſs die Auffindung ihres Laufes erst durch die mühsamsten und sorgfältigsten Beobachtungen der neuesten Zeit möglich wurde.

Die Lage des magnetischen Aequators kommt zwar auch bei den isogonischen Linien in Betrachtung, die nächste Verbindung findet aber statt zwischen ihm und den Neigungslinien, weswegen wir die Bestimmung desselben bis zur Untersuchung der isoklinischen Linien versparen.

Auſser den bereits genannten Gelehrten, die sich um die Bestimmungen der isogonischen Linien verdient gemacht haben, verdienen noch hauptsächlich Hansteen und G. A. Erman erwähnt zu werden, denen wir die genauere Kenntniſs des magnetischen Verhaltens, namentlich in Sibirien, nach der ganzen Länge dieses ausgedehnten Küstenlandes verdanken. Schon der bloſse Anblick zeigt, daſs es der isogonischen Linien mehrfache und verschieden gekrümmte giebt. Nach G. A. Erman[1] lassen sich vier Arten derselben unterscheiden, zuerst solche, die in sich selbst zurücklaufen, ohne einen der beiden Erdpole zu erreichen, die man also *geschlossene* isogonische Linien nennen könnte und welche stets eine gewisse Anzahl Parallelkreise durchschneiden. Zweitens nennt er diejenigen isogonischen Linien, die nur durch einen der astronomischen Erdpole gehn, *zurückkehrende;* diejenigen drittens, die von einem astronomischen Pole zum andern gehn (deren wirkliches Vorhandenseyn jedoch wohl noch nicht für ausgemacht gelten dürfte) und deren je zwei mindestens vier Durch-

1 Poggendorff's Ann. XXI. 129. Der erste Bericht seiner zahlreichen Beobachtungen findet sich in Mém. de Petersb. VIme Ser. T. I. p. XXIX., eine vollständige Darstellung wird seine Reisebeschreibung enthalten. Einige schätzbare Declinationsbeobachtungen von der südlichen Halbkugel hat Rümker in Schumacher's astron. Nachrichten Jahrg. 1821. S. 76. mitgetheilt.

Digitized by Google

schnittspuncte haben, werden von ihm *kreuzende* genannt und viertens giebt es solche, die sich an einem Puncte in zwei Zweige spalten. Auf der Charte fallen die der ersten und der letzten Art sogleich in die Augen.

Es ist bereits gesagt worden, daſs die graphische Darstellung der isogonischen Linien hauptsächlich dazu dienen soll, um der Angabe der zahllosen Abweichungsbeobachtungen überhoben zu seyn, inzwischen mögen doch einige der wichtigern, die oben im ersten Theile dieses Werks nicht erwähnt worden sind, hier näher bezeichnet werden, insbesondere diejenigen, aus denen die Aenderung der Declination in längern Perioden mit einiger Sicherheit hervorgeht. Dahin gehören die in Nordamerica vom Jahre 1672 bis zum Jahr 1800 fortgesetzten Beobachtungen[1]. In diesem Zeitraume ging die westliche Abweichung zu Boston von 11° 15′ zu 5° 22′, zu Falmouth von 12° zu 6° 7′, zu Penobscot von 12° 8′ zu 5° 53′ über und die jährliche Aenderung betrug im Mittel 2′ 45″ 28‴. Witt, welcher diese Nachricht mittheilt, giebt zugleich an, daſs die westliche Abweichung zu Albany im Jahre 1817 von ihm = 5° 44′, im Jahre 1818 aber = 5° 45′ und im Jahre 1825 = 6° gefunden worden sey, wonach sie also in dieser Zeit wieder zurückzugehn anfinge. An diese Thatsachen schlieſsen sich, als schätzbare Beiträge aus den vereinten Staaten, die zu Salem in den Jahren 1805, 1808, 1810 und 1811 angestellten Beobachtungen, welche Bowdich[2] mitgetheilt hat. Dieser bezweifelt die angenommene rückgängige Bewegung der Nadel, indem dieselbe durch die angegebenen Thatsachen nicht begründet werde, weil verschiedene Nadeln, an verschiedenen Orten beobachtet, gröſsere Unterschiede in Folge örtlicher Einflüsse zeigen könnten, als von Witt wirklich wahrgenommen wurden, abgerechnet die täglichen Variationen der Abweichungsnadel, deren Gröſse im Jahre 1810 zu Salem bis auf 48′ stieg. Nach den Beobachtungen von Bowdich im Jahre 1805 schwankte die westliche Abweichung zu Salem zwischen 5° 42′ und 6° 7′, betrug aber im Mittel 5° 57′. Im

1 Aus Transact. of the Albany Instit. Vol. I. No. I. p. 4. von 1828. Vergl. Edinb. Journ. of Sc. No. XIX. p. 22. Wien. Zeitschr. Th. VI. S. 348. Bibl. univ. T. XLIII. p. 251.

2 Trans. of the Amer. Phil. Soc. for 1815.

Digitized by Google

Jahre 1808 lagen die Extreme zwischen 5° 8′ und 5° 26′, im Mittel war die Abweichung 5° 20′; im Jahre 1810 lagen die Extreme zwischen 5° 36′ 34″ und 6° 8′ 50″, die mittlere Abweichung betrug aber 5° 47′ 44″. Weil ihm die Nadeln für diese Art von Beobachtungen zu klein und dem Einflusse des nicht völlig reinen Kupfers seines Apparates zu sehr zu unterliegen schienen, so liefs er sich eine Nadel von 24 Zoll Länge verfertigen, hing sie in einem Mahagonikästchen auf Achat auf und beobachtete sorgfältig vom April 1810 bis Mai 1811. Als mittlere Abweichung fand er 6° 22′ 35″ und seit 1781 bis 1810 eine Verminderung von jährlich 1′ 19″. Sind also die oben angegebenen Messungen richtig, so würde seine Folgerung einer noch fortdauernden regelmäfsigen Abnahme der Declination unzulässig seyn, zumal da die jährliche Aenderung früher im Mittel 2′ 45″ 28‴ betragen soll, also mehr, als die durch ihn gefundene, was als eine Folge des beginnenden Rückganges erscheinen könnte. Fischer[1] zu New-Haven fand daselbst im Jahre 1819 und 1820 die Abweichung im Mittel = 4° 25′,2 westlich und kein Zeichen einer rückgehenden Bewegung. Es ist demnach also zweifelhaft, ob die durch Witt wahrgenommene rückgehende Declination auf fehlerhaften Beobachtungen beruht oder mit der im alten Continente stattfindenden rückgehenden Bewegung der Magnetnadel im Einklange steht.

Es ist bereits oben[2] im Allgemeinen erwähnt worden, dafs man zu Paris in verschiedenen Jahren eine ungleiche Abweichung der Magnetnadel wahrgenommen habe, woraus man auf eine Veränderung der Declination in längeren Perioden schliefsen mufs. Nach einer genauern Angabe[3] sind folgende Resultate aus den ältern und neuern Beobachtungen erhalten worden. Die Abweichung war

1 Amer. Journ. of Science and Arts. T. XVI. N. 1. Apr. 1829.

2 S. *Abweichung der Magnetnadel.* Bd. I. S. 137.

3 Annuaire prés. au Roi. Par. 1815. Journ. de Phys. T. LXXIX. p. 462. Vergl. Ann. prés. au Roi pour 1826. p. 178.

Digitized by Google

1580	11°	30′ O.	1780	19°	55′ W.
1618	8	0 —	1785	22	0 —
1663	0	0 —	1805	22	5 —
1678	1	30 W.	1813	22	28 —
1700	8	10 —	1814	22	34 —
1767	19	16 —	1825	22	17 —

woraus also eine Abnahme der westlichen Declination folgt.

Schätzbare Beobachtungen unter sehr hohen nördlichen Breiten sind hauptsächlich zuerst von Phipps angestellt worden und in seinem Reiseberichte enthalten [1], neuere aus jenen Breiten hat Lütke mitgetheilt, wie bereits erwähnt worden ist, und an diese schlieſsen sich die zahlreichen Messungen von Hansteen und G. A. Erman [2]. Letzterer untersuchte die magnetische Abweichung zu Petersburg vor seiner Reise nach Sibirien im Sommer 1828 und fand sie dort im Mittel = 6° 47′ 20″. Seitdem wurden dort anhaltend Beobachtungen von Kupffer angestellt, welche diesen Gelehrten zur Auffindung höchst wichtiger Thatsachen führten, die später bei der Erörterung der täglichen und jährlichen Variationen der Declinationen erwähnt werden sollen.

Wenn eine Nadel von der einen Seite einer Linie ohne Abweichung auf die andere gebracht wird, so muſs ihre vorherige Abweichung in die entgegengesetzte übergehn, wie man dieses auch bei der americanischen Linie ohne Abweichung wahrgenommen hat. Nach den Beobachtungen des Capitain Wrangel schloſs Kupffer, daſs auf beiden Seiten der durch Irkutzk gehenden Linie ohne Abweichung die Declinationsnadel die nämliche Richtung beibehalte, allein durch Hansteen's anhaltende Messungen hat sich ergeben, daſs dieses keineswegs der Fall ist, daſs vielmehr auf beiden Seiten dieser Linie das Nämliche statt findet, was man bei der americanischen und der durch Kasan gehenden Linie durch die zahlreichsten Beobachtungen auſser Zweifel gesetzt hat [3]. Das Miſsverständniſs fällt weg, sobald man gewahrt, daſs zwischen den beiden Hauptlinien ohne Abweichung, der nordamericanischen und der asiatischen, die den mittlern Theil der Erde

1 Ann. Chim. et Phys. T. IX. p. 214.

2 Mém. de Petersb. Sav. Étrang. T. I. p. 97.

3 Kupffer in Mém. de Peterb. VIme Sér. T. II. p. VIII.

Digitized by Google

durchschneiden, unter höhern Breiten der nördlichen Halbkugel noch zwei Linien ohne Abweichung vorhanden sind, die eine zurücklaufende Curve zu bilden scheinen, wie sie auf der mitgetheilten Charte gezeichnet ist.

Bei weitem die reichhaltigste und gediegenste Untersuchung über die Veränderungen sowohl in der Abweichung als auch in der Neigung der Magnetnadel ist die von Hansteen[1]. Dieser stellt zuerst die nach längern Perioden an verschiedenen Orten gemessenen Abweichungen zusammen, um den Gang derselben genauer übersehn zu können. Dieses ist in drei Tabellen geschehn, wovon die erste den Länderstrich von Christiania aus bis zur Westküste von Nordamerica begreift, wobei es Interesse erregt, daſs aus jenen unwirthbaren, aber für den Magnetismus wichtigen Gegenden so viele ältere und neuere Beobachtungen des magnetischen Verhaltens vorhanden sind, was als eine Folge der bedeutenden Unterstützung zu betrachten ist, welche die Wissenschaften schon seit langer Zeit im russischen Reiche gefunden haben. Die westliche Abweichung der Magnetnadel war, wie bereits aus Beobachtungen an mehrern Orten dargethan ist, zu Anfang dieses Jahrhunderts in Europa zunehmend, bald nachher blieb sie unverändert und wurde dann abnehmend. Nach der von Hansteen mitgetheilten Tabelle beträgt die jährliche Abnahme zu Christiania ungefähr 1 Minute, weiter ostwärts zu Stockholm und Petersburg zwischen 50° und 60° nördl. Br. bis zum Meridian 42° östl. Länge von Greenwich beträgt sie ungefähr 3′; von hieran wächst sie und erreicht in 74° östl. L. bei Tara ihr Maximum von etwa 9′, von wo an sie wieder abnimmt und östlich von Seleginsk zu verschwinden scheint. Sie nimmt indeſs von diesem Puncte an abermals zu, erreicht zu Jakutzk ihr Maximum von 5′ jährlich und nimmt dann wieder ab, bis sie bei der Insel Unalaschka verschwindet. Man findet auf einer der ältern Charten Hansteen's[2] zwei Linien durch diejenigen Orte, wo sich die Abweichung von 1700 bis 1756 nicht geändert hat. Der östliche Zweig dieser durch Petersburg und den arabischen Meerbusen gehenden, dann aber China durchschneidenden Linie läſst sich bis

1 Poggendorff's Ann. XXI. 361.
2 Bd. I. Taf. III.

zum Baikalsee verlängern, ihr westlicher Zweig ist aber nach Westen gerückt und geht jetzt etwa durch Paris und an Norwegens Küste vorbei. Auf dem ganzen, von dieser Linie eingeschlossenen Theile der Erdoberfläche, zwischen der Ostsee und dem Baikal, im gröſsten Theile Asiens und des indischen Meeres hat sich der Nordpol der Magnetnadel in mehr als hundert Jahren gen Osten bewegt, auſserhalb dieser Linie gen Westen.

Ein ähnliches Resultat geht aus einer Zusammenstellung der Declinationsveränderungen hervor, die an der Westseite Europa's, im atlantischen Meere und Nordamerica, wenngleich in geringerer Menge, beobachtet worden sind. Hieraus ersieht man, daſs an der Nordküste von Spitzbergen die Abweichung in mehr als 200 Jahren fast ganz unverändert geblieben ist, während in den weiter nach Westen liegenden Gegenden der Nordpol der Magnetnadel eine westliche Bewegung gehabt hat, deren Maximum von etwa 12′ jährlich in die Davisstraſse fällt, etwas nördlich von Quebeck aber wieder verschwindet. In der Repulse-Bay hat die westliche Abweichung von Middleton's Zeiten bis jetzt, also in 80 Jahren nur um 1,5 Grad zugenommen. Die auf der erwähnten Charte der Abweichungen für 1700 befindliche zweite Linie, worin sich die Abweichung von 1700 bis 1770 nicht geändert hat, geht östlich vom Feuerlande durch Südamerica bis Neufundland und muſs also von hier aus gegen Nordost durch die Hudsonsbay bis zur Repulse-Bay oder der Insel Melville fortgesetzt werden. Oestlich von dieser Linie, also im atlantischen Meere, in Africa, Europa, der Baffinsbay und Gröndland hat sich der Nordpol der Nadel in 200 Jahren gen Westen bewegt, westlich von derselben, im westlichen Theile von Südamerica und fast in ganz Nordamerica, wie auch im östlichen Theile des stillen Meeres hat er sich gen Osten bewegt. Diese östliche Bewegung ist am gröſsten an der Westküste der Hudsonsbay, und betrug im Fort Prince Wales im letzten Viertel des vorigen Jahrhunderts über ein Drittel eines Grades jährlich. Hansteen findet es wahrscheinlich, daſs sich diese Linie von der Repulse-Bay gen Osten drehe und dann gen Süden durch die Insel Unalaschka in das stille Meer hinabsteige. Zwischen diesem hinabsteigenden Zweige und der andern Linie, die von Malacca zum Baikalsee hinläuft, dreht sich der Nordpol der Nadel etwas gen Westen.

Bei der Verfolgung eines Parallelkreises um die Erde trifft man also viermal auf einen Punct, wo die jährliche Variation verschwindet, einen in America, einen zweiten an der Ostküste Africa's und im europäischen Rufsland, einen dritten zwischen Malacca und dem Baikal und einen vierten zwischen Unalaschka und der Ostküste von Neuholland.

Aus einer zweiten tabellarischen Uebersicht, worin Hansteen die Declinationsänderungen in den Tropen zusammengestellt hat, geht hervor, dafs sich von Acapulco bis Carthagena der Nordpol der Nadel gen Osten bewegt. Im Meridiane 273° östl. von Greenwich ist die Nadel gegenwärtig stillstehend, von hier aus aber bis zur Westküste Africa's bewegt sie sich westlich und das Maximum dieser Bewegung von 9′ des Jahrs scheint bei St. Helena und Ascension stattzufinden. Im arabischen Meerbusen verschwindet diese Bewegung und geht in eine östliche über, deren Maximum nahe am Cap Comorin und Ceylon mit 5′ jährlich liegt. Diese verschwindet wieder bei Macao und Manilla. Im ganzen Südmeere ist die Bewegung der Nadel östlich, sehr gering und wahrscheinlich 1′ nicht übersteigend; sie verschwindet wieder in America unter etwa 272° östl. Länge von Greenwich.

Auf der südlichen Halbkugel sind nur wenige Messungen bekannt, die zu einem Resultate über den Gang der Declination führen; dennoch hat Hansteen die wichtigsten aufgesucht und tabellarisch zusammengestellt. Hieraus ergiebt sich, dafs sich der Nordpol der Magnetnadel an der Ostküste von Südamerica etwas gen Osten bewegt, jedoch ist diese Bewegung jetzt weit geringer als vor 100 Jahren. Am Feuerlande verschwindet sie ganz und geht weiter ostwärts in eine westliche Bewegung über, welche am Vorgebirge der guten Hoffnung bis auf etwa 8′ steigt. Diese verschwindet bei Madagascar und Bourbon, wird weiter nach Osten wieder östlich und reicht wahrscheinlich durch das ganze stille Meer bis Südamerica.

Man ersieht aus diesem allen, dafs auf der nördlichen Halbkugel das grofse westliche System in der Hudsonsbay seit 200 Jahren gen Osten vorgedrungen ist und das kleine östliche System, welches in Europa lag, und das kleine westliche System in Novaja-Semlia vor sich gegen die östlichen Grenzen Asiens hingetrieben hat, dafs dagegen auf der

Digitized by Google

südlichen Halbkugel das groſse westliche System, welches vor 200 Jahren auf das indische Meer beschränkt war, gen Westen vorgedrungen ist und das östliche System im südlichen atlantischen Oceane vor sich her dem Feuerlande zugetrieben hat; die Bewegung beider Liniensysteme war also östlich in der nördlichen Hemisphäre und westlich in der südlichen.

Diese Uebersicht der regelmäſsigen Veränderungen in der Declination, wie sie in längern Perioden statt findet, habe ich ganz nach HANSTEEN und meistens mit seinen eignen Worten mitgetheilt, die Zurückführung derselben auf die von ihm angenommene Bewegung der beiden magnetischen Axen glaube ich jedoch übergehn zu können. Es ist nun noch übrig, die neuesten Beobachtungen der täglichen Variationen und temporären Störungen der Abweichung zur Ergänzung des früher hierüber Gesagten der Hauptsache nach zu erwähnen.

In Beziehung auf die täglichen Variationen sind unter andern die Bemühungen WARGENTIN's oben[1] bereits erwähnt worden. Nach einem Briefe desselben an CROMWELL MORTIMER[2] vom Mai 1750 beobachtete er im Februar desselben Jahres mit einer Nadel von 1 schwed. Fuſs Länge und erhielt folgende Resultate. Von 9^h Morgens ging die Nordspitze der Nadel nach Westen bis 2^h Nachmittags und die Abweichung betrug etwa $\frac{1}{4}$ oder $\frac{1}{4}$ Grad; von 2^h Nachmittags bis 8^h Abends ging sie wieder rückwärts, so daſs sie fast genau den Stand erreichte, den sie um 8^h Morgens gehabt hatte; die ganze Nacht war sie ruhig, machte aber um Mitternacht eine kleine Bewegung nach Westen und ging beim anbrechenden Morgen wieder zurück. Von den Störungen durch Nordlichter unterschieden sich diese dadurch, daſs jene über zwei Grade betrugen. BARLOW[3] machte die täglichen Variationen der Abweichung zum Gegenstande specieller Untersuchungen und vergröſserte die durchlaufenen Bogen dadurch, daſs er die Richtungskraft der Beobachtungsnadel durch genäherte magnetische Pole bedeutend schwächte, eine Methode, deren es gegenwärtig bei der Anwendung der feinern Apparate nicht mehr bedarf, um

1 S. *Abweichung*. Bd. I. S. 152.

2 Phil. Trans. for 1751. p. 127.

3 Phil. Trans. 1832. p. 326. Poggend. Ann. I. 329.

Digitized by Google

so mehr, da nach Poggendorff's richtiger Bemerkung leicht anderweitige Fehler hierdurch veranlaſst werden.

Sehr wichtige Beobachtungen sind die unter höhern Breiten durch die englischen Reisenden angestellten. Sabine[1] maſs die täglichen Variationen der horizontalen Nadel zu Hammerfest und Spitzbergen. Am erstern Orte unter 70° 40′ N. B. bei einer Neigung von 77° 13′ und einer westlichen Abweichung von 11° 26′ geschah dieses vom 12. bis 23. Juni 1823 mit einem vortrefflichen Declinatorium von Dollond. Die Nadel zeigte die gröſste östliche Abweichung von ihrem mittlern Stande um 9^h Morgens = 2′ 41″, ging dann sofort zurück und erreichte um 1^h 30 Min. ihr westliches Maximum = 2′ 26″, kam nach 10^h Abends wieder auf ihren mittlern Stand zurück und begann ihre östliche Variation aufs Neue, bis zur Erreichung ihres Maximums am andern Morgen. Diese Angaben enthalten aber nicht das absolute Maximum und Minimum, weil sie nicht unausgesetzt, sondern nur zu den genannten Zeiten angestellt wurden. Nur einmal, am 14ten um Mitternacht, zeigte sich eine übermäſsig groſse, unregelmäſsige Abweichung. Auf Spitzbergen unter 79° 50′ N. B., wo die Neigung 80° 10′ und die Abweichung 25° 12′ beträgt, wurden die Beobachtungen mit der nämlichen Nadel vom 4. bis 11. Juli desselben Jahres fortgesetzt. Hier erreichte die östliche Variation schon um 6^h Morgens mit 2′ 42″ ihr Maximum, die westliche, die ungefähr um $11^h,25$ anfing, erreichte erst um $7^h,5$ Abends ihr Maximum von 2′ 45″; nahe vor Mitternacht war die Nadel auf ihren mittlern Stand zurückgekehrt und ging dann allmälig dem Maximum der östlichen Variation wieder entgegen. Es ist allerdings merkwürdig, daſs an diesem Orte, wo der ungleiche Einfluſs des Landes und des Wassers wegfällt, indem die ganze Umgegend beinahe eine zusammenhängende Eismasse bildet, die Variation genau mit dem Laufe der Sonne zusammenfällt, was für die Ableitung des Magnetismus aus der Erwärmung durch die Sonnenstrahlen als gewichtiges Argument dienen könnte.

Noch weit zahlreicher und wichtiger sind die Resultate, die durch Parry und seine Begleiter beim Winteraufenthalte

1 An Account of Experiments to determine the figure of the Earth. Lond. 1825. 4. p. 500.

zu Port Bowen erhalten wurden, wo die Zeit zu solchen Beobachtungen zwar nicht fehlte, desto mehr Kraft aber erfordert wurde, der hohen Kälte nicht zu unterliegen. Foster leitete das Geschäft, die Magnetnadel stündlich zu beobachten, und Parry selbst sowohl, als auch seine kühnen Begleiter leisteten ihm hierbei thätige Hülfe. Schon früher hatte Foster die dreitägige Ruhe bei den Wallfischinseln zu ähnlichen Zwecken benutzt und bei einer mittlern westlichen Abweichung von 70° 2′ und einer Neigung von 82° 53′ gefunden, daſs das Maximum der westlichen Abweichung auf 1^h 10′ Nachmittags fiel. Die Beobachtungen zu Port Bowen aber, unter 73° 14′ nördl. Br. und 88° 54′ westl. L. von Greenwich, wo die magnetische Neigung 88° 1′,4 und die westliche Abweichung 124° beträgt, wurden vom 10. Dec. 1824 bis 31. Mai 1825 fortgesetzt[1]. Das Mittel der Resultate aus den fünf Monaten des Jahres 1825 ist folgendes.

Monat	Mittl. Zeit des Maximums der westl. Abweichung	Mittl. Zeit des Minimums der westl. Abweichung	Mittel der tägl. Variation	Mittlere Lufttemperatur
	Morgens	Nachmittags		
Januar	11 Uhr 46 Min.	10 Uhr 50 Min.	1° 37′	— 29,25 F.
Februar	11 — 46 —	11 — 23 —	1 38	— 27,50
März	11 — 25 —	10 — 43 —	2 14	— 28,50
April	11 — 13 —	11 — 13 —	2 52	— 10,80
Mai	12 — 25 —	11 — 15 —	3 44	+ 16,50

Aus der graphischen Darstellung ersah man bald, daſs die Nadel, deren anfangs eine, nachher zwei beobachtet wurden, binnen 24 Stunden zweimal durch einen Punct ging, welcher als die mittlere Abweichung gelten kann. Dieser Durchgang fand statt

1 Foster's Tafeln füllen 40 Quartseiten und auſserdem befindet sich dabei eine graphische Darstellung des täglichen Ganges der Variation. Hiervon giebt P. Barlow einen Auszug in Edinb. New Phil. Journ. N. IV. p. 347. Daraus Poggend. X. 570. Wiener Zeitschr. Th. III. S. 82.

Digitized by Google

1825	Januar	6 Uhr 0 Min. Vorm.	4 Uhr 0 Min. Nachm.
	Febr.	6 — 30 — —	4 — 0 — —
	März	5 — 30 — —	5 — 0 — —
	April	7 — 0 — —	5 — 30 — —
	Mittel	6 Uhr 15 Min. Vorm.	4 Uhr 37 Min. Nachm.

Das Maximum der westlichen Abweichung fiel zwischen 10 Uhr Vormittags und 1 Uhr Nachmittags, das Minimum derſelben oder die gröſste öſtliche Abweichung der Nordſpitze zwiſchen 8 Uhr Nachmittags und 2 Uhr Vormittags; nur ſelten erreichte ſie die gröſste weſtliche Abweichung ſchon um 8 Uhr Vormittags oder erſt um 3 Uhr Nachmittags, und in allen dieſen Fällen zeigten die Schwingungen einer horizontalen Nadel zugleich eine ungewöhnliche Aenderung der Intensität. Die gleichfalls ſeltenen ſehr groſsen Variationen, die bis 5, ja 6 und ſogar 7 Grade ſtiegen, iſt Barlow geneigt aus einem Einfluſſe der Sonne und auch des Mondes auf den Erdmagnetismus abzuleiten; auf jeden Fall änderte ſich die Intenſität nicht ſo, daſs die Gröſse der Variation als eine Folge davon erſcheinen konnte. Foster ſtellt die Hypotheſe auf und ſucht dieſe durch ausführliche Erläuterung zu begründen, daſs die täglichen Variationen durch einen Umlauf des täglichen Magnetpols um den mittlern bleibenden in einem Kreiſe von 2 bis 2,5 Minuten Durchmeſſer binnen 24 Stunden bedingt würden, allein für ein ſolches bleibendes Geſetz ſind ſie wohl nicht regelmäſsig genug; auch lieſse ſich ein ſolches aus dieſen kurze Zeit hindurch an einem und demſelben Orte angeſtellten Beobachtungen ſchwerlich begründen, da es obendrein bloſs hypothetiſch ſeyn würde. Auffallend dagegen muſs die mit der Sonnenhöhe und vermehrten Wärme wachſende Gröſse der Variationen ſeyn, was für die oben bereits erwähnten Gründe entſcheidet, wonach Kupffer den Magnetismus der Erde mit der Temperatur in Verbindung ſetzt.

Bei den Beobachtungen der täglichen Variationen, die durch Hansteen und Erman [1] in Sibirien angeſtellt worden ſind, wurde als *mittlere Declination* diejenige angenommen, die das arithmetiſche Mittel aus ſtündlich angeſtellten Meſſungen

---

1 Poggendorff's Ann. XVI. 141. Vergl. Mém. de Petersb. Sav. Étrang. T. I. p. 97.

Digitized by Google

ergab. Die Resultate der Beobachtungen Erman's zeigt folgende Zusammenstellung.

Ort.	Zeit 1828—1829	Mittlere Declination	Tägl. Variation Nordspitze östlich	westlich	Gröſse der Oscillation
Petersburg	Jun. 12—14	6° 47′,33 W.	20h 40′	2h 40′	18′ 26″,7
Moscow	Juli 26—28	3 1,66 W.	20 0	2 0	19 0,8
Katharinenb.	Sept. 1—2		20 10	1 50	11 52,0
Tobolsk	Nov. 3—11	9°36,4 O.	20 0	2 30	2 30,0
Irkutzk	März 1—6	2 2,55 O.	21 30	2 30	3 10,0
Jakutzk	Apr. 8—17	5 54,95 W.	21 39	2 39	21 21,0

Es folgt hieraus, daſs auf der nämlichen Seite des magnetischen Aequators der Gang der täglichen Variation von der Richtung der Magnetnadel unabhängig ist, indem auf der nördlichen Halbkugel allgemein am Morgen eine östliche, am Nachmittage dagegen eine westliche Bewegung der Magnetnadel statt findet. Ferner scheinen die Variationen in den nämlichen Jahreszeiten auf gleiche Stunden zu fallen; welche Ursachen aber die ungleiche Gröſse der Variationen bedingen, läſst sich überall kaum ahnen und auf jeden Fall aus diesen wenigen Thatsachen nicht wohl ermitteln.

Uebereinstimmend mit den hier angegebenen Resultaten folgt auch aus Beobachtungen von Boussingault, deren Bekanntwerdung wir Al. v. Humboldt[1] verdanken, daſs die täglichen Variationen auch da, wo die Nadel östliche Abweichung hat, derjenigen gleichkommen, welche sie bei westlicher Declination zeigt. Zu Marmato in Columbien, wo die östliche Declination 6° 33′ beträgt, nimmt sie von Morgens 7 Uhr bis Mittags ab, was mit Duperrey's Beobachtungen zu Payta und denen von Kupffer zu Kasan und von A. G. Erman[2] an mehrern Orten Sibiriens übereinstimmt, wo gleichfalls östliche Abweichung herrscht. Die Nordspitze der Nadel, wovon ohne anderweitige nähere Angabe bei diesen Bestimmungen allezeit die Rede ist, bewegt sich also sowohl bei nördlicher als auch bei südlicher Declination der Sonne von Ost nach West, während dieselbe sich südlich vom magneti-

1 Poggendorff's Ann XV. 331.
2 Ebend. XVI. 153.

Digitized by Google

schen Aequator von West nach Ost bewegt. Nach Boussingault beträgt die Amplitude des Variationsbogens unter den Tropen vom Morgen bis Mittag im August im Mittel 4′ 31″, im September 3′ 13″, also dreimal weniger als bei uns, aber mit einer Regelmäſsigkeit und Beständigkeit der Gröſsen, wie die Veränderungen des Barometers in jenen Gegenden.

Von den noch nicht mitgetheilten Beobachtungen unter mittlern Breiten erwähne ich hier nur noch diejenigen zahlreichen im März und April 1829, aus denen Fischer[1] den Gang der täglichen Variation der Declination zu Malta ermittelte. Hiernach fällt das westliche Maximum auf 1 Uhr 45 Min. Nachmittags, nimmt ab bis 10 Uhr Abends, die Nadel bleibt stationär bis Sonnenaufgang, Abnahme tritt wieder ein bis 8 Uhr 45 Min. Morgens, worauf wieder Zunahme erfolgt, die bis zum Anfangstermine um 1 Uhr 45 Min. fortdauert. Der Unterschied zwischen dem Maximum und Minimum oder die Gröſse der täglichen Variation betrug im April 10′ 12″.

Bei weitem das Meiste für die nähere Kenntniſs des Magnetismus überhaupt und namentlich der jährlichen und täglichen Variationen der Declination ist in den neuesten Zeiten durch correspondirende Beobachtungen geschehn, wozu zwei höchst berühmte Gelehrte, A. v. Humboldt und Gauss, Anregung gegeben haben. Al. v. Humboldt richtete schon während seiner Reise auf die Ausmittelung der Gesetze des tellurischen Magnetismus ein vorzügliches Augenmerk und beabsichtigte später in den Jahren 1806 und 1807 stündliche Beobachtungen zu Berlin anzustellen, was jedoch durch die politischen Wirren gehindert wurde. Neuerdings sind aber Veranstaltungen getroffen worden, um diesen Vorschlag auf einer ausgedehnten Stationenlinie zu realisiren, die von Freiberg und Berlin ausgehend sich bis tief in das Innere des russischen Reichs erstreckt, wobei die Mitwirkung der kaiserlichen Akademie zu Petersburg und namentlich des verdienstvollen Akademikers Kupffer von unschätzbarem Nutzen ist. Als erste Früchte dieser gemeinschaftlichen Bemühungen hat Dove[2] eine

---

1 Phil. Trans. 1833. p. 237.

2 Poggendorff's Ann. XIX. 361. Vergl. Bibl. univ. 1832. Août. p. 382.

Reihe der schätzbarsten Thatsachen ausführlich mitgetheilt, wovon es genügen wird, die Hauptresultate hier aufzunehmen, die durch eine Vergleichung der Originalbeobachtungen hinlänglich begründet sind. Die zu gleichzeitigen Beobachtungen an vorher bestimmten Stunden gewählten Orte waren Freiberg, Berlin, Petersburg, Kasan, Nicolajew und Marmato in Columbien. Zu Freiberg befindet sich die beobachtete Nadel ungefähr 35 Lachter tief unter der Erdoberfläche im Fürstenstollen und die Vergleichung der daselbst erhaltenen Resultate mit denen von den übrigen Orten beweist das bereits von Cassini aus seinen 80 Fuſs tief in den Kellern unter der Sternwarte zu Paris im Jahre 1782 angestellten Beobachtungen aufgefundene Gesetz, nämlich daſs die täglichen Veränderungen der Declination in einer Tiefe, wo die täglichen Temperaturveränderungen aufhören, ebenso statt finden, als an der Erdoberfläche. Aus einer Zusammenstellung gleichzeitiger Beobachtungen an den 5 ersten der genannten Orte ergiebt sich zuerst, daſs die täglichen Variationen an den entferntesten Orten auf die nämlichen Stunden des Tages fallen und meistens mit einer ganz unerwarteten Genauigkeit; demnächst aber kann aus den abweichenden Erscheinungen ermittelt werden, welche partielle Störungen eine Abweichung von diesem Gesetze veranlassen. Um dieses darzuthun, sind zuerst die zu Freiberg erhaltenen Resultate geordnet und hernach mit den übrigen verglichen worden.

Werden die Freiberger Beobachtungen für sich betrachtet, so fällt an den Tagen der regelmäſsigen Oscillationen das Mittel der Abweichung der horizontalen Nadel auf Morgens 10 Uhr 30 Min. (welche Zeit man daher auch zur Ausmittelung der mittlern Declination eines Orts wählen muſs) und Abends 6 Uhr 30 (eine für die angegebene Bestimmung nicht gleich günstige Zeit); das Maximum der westlichen Abweichung fällt auf 1 Uhr 45 Min. Nachmittags, das Minimum auf 8 Uhr 15 Min. Morgens, der ganze durchlaufene Bogen beträgt 9′ 6″, wovon jedoch zwei Drittheile = 6′ 4″ westlich und ein Drittheil = 3′ 2″ östlich liegen. Uebereinstimmend hiermit bleibt die Nadel nur 8 Stunden auf der Ostseite und 16 Stunden auf der Westseite. Die Nadel hat ihren östlichsten Stand Morgens 8 Uhr 15 Min. und bewegt sich westlich bis 1 Uhr 45 Min. Nachmittags, dann wieder rückwärts bis 6 Uhr 30

Digitized by Google

Min. Abends, wo fast allezeit ein kleiner Stillstand eintritt, dann aber die östliche Bewegung sogleich wieder beginnt, bis um 1 Uhr 15 Min. Morgens das Minimum ihrer westlichen Abweichung genau wieder erreicht wird, so daſs also das zweite Minimum 12 Stunden nach dem ersten Maximum fällt; die westliche Bewegung am Morgen dauert aber nur 5 Stunden 30 Minuten, die östliche Abends dagegen 11 Stunden 30 Minuten. Die Veränderungen in der Nacht sind geringer, gleichen mehr einem Stillstande und werden daher oft gar nicht wahrgenommen. Die Vergleichung der Beobachtungen an mehrern Orten giebt folgende Resultate.

1) Die Zeit des Maximums der westlichen Declination der Nordspitze, die um 1 Uhr 15 Min. Nachmittags eintritt, ist unabhängig von den Jahreszeiten.

2) Die Zeit des Minimums wechselt zwischen 6 Uhr bis 9 Uhr Morgens und ist früher im Sommer, als im Winter.

3) Die Gröſse der Veränderung ist bedeutender im Sommer als im Winter, denn sie betrug. im Mittel:

im October und November	10′	10″,5
— December bis Februar	6	45,4
— März bis Mai	13	15,2
— Juni bis August	14	57,2.

Nach spätern Beobachtungen von Dove[1] und Riess zu Berlin in den Monaten September, October und November 1830 ergab sich zuerst eine langsame, dann eine schnelle Abnahme dieser Gröſse, die im Mittel im September 9′ 56″, im Octob. 9′ 16″ und im November 6′ 11″ betrug. Diese letztern Beobachtungen zeigen auſserdem, daſs die vorübergehenden Veränderungen der Gröſse der täglichen Oscillationen meistens nicht auf einen Tag beschränkt sind, sondern sich auf mehrere ausdehnen, und zwar so, daſs einer auffallend kleinen Oscillation in der Regel eine auffallend groſse vorangeht und ihr folgt.

4) Die Oscillation während der Nacht ist unbedeutend. Hieraus ergiebt sich also die bereits erwähnte Regel, daſs man zur Bestimmung der *mittlern Declination* die Zeit um 10 Uhr 30 Min. Morgens wählen müsse, weil der zweite Durchgang

1 Poggendorff's Ann. XX. 543.

Digitized by Google

der Nadel durch den magnetischen Meridian nicht so bleibend an eine gewisse Stunde gebunden ist.

Das auffallendste Resultat, welches aus der Vergleichung der Beobachtungen an entlegenen Orten hervorgeht, ist der Umstand, daſs die Variationen, selbst bei den gröſsten Entfernungen, in die nämlichen Tagesstunden fallen, woraus mit einer gewissen Nothwendigkeit zu folgen scheint, daſs sie nicht von einer bleibenden Ursache im Innern der Erde, sondern vom täglichen Einflusse der Sonne abzuleiten sind. Am deutlichsten ersieht man dieses aus der graphischen Zusammenstellung der Beobachtungen an den fünf ersten der oben genannten Orte, wie die Zeichnung sie darstellt, wobei die Zeiten für jeden Ort besonders bestimmt sind. Es fällt demnach

Fig. 222.

	Freiberg.	Kasan.	Nicolajew.	Petersburg.
Minim.	8 Uhr	9 Uhr	8 Uhr	8 Uhr
Maxim.	1 —	2 —	2 —	2 —
Elong.	12′ 11″,9	10′ 36″,5	10′ 53″,4	12′ 10″,1.

Wie genau aber auch die Zeiten der Variationen in der Declination an verschiedenen Orten mit einander übereinstimmen, so ist dieses doch keineswegs auf gleiche Weise der Fall mit der Gröſse des Abweichungsbogens, welcher nicht selten am nämlichen Tage an einem der Orte beträchtlich gröſser oder kleiner ist als am andern, so daſs man überhaupt nicht wohl aus einer einzelnen Beobachtung auf die Gröſse der mittlern Variation mit Sicherheit schlieſsen kann, ohne daſs es möglich ist, die Ursachen dieser Anomalieen, wobei zuweilen der magnetische Meridian eine Verrückung erhalten zu haben scheint, mit genügender Wahrscheinlichkeit aufzufinden. Diese Anomalieen sind jedoch nicht als Folge von Störungen zu betrachten, die sich als ein Zittern der Nadeln und als Abweichung von dem gewöhnlichen Gange, wenn man aus den unregelmäſsigen Schwankungen das Mittel nimmt, darstellen. Solche Zitterungen entstehn so leicht aus örtlichen Einflüssen, z. B. aus Bebungen und unvermeidlichen Luftströmungen, daſs es unmöglich ist, diese stets von den Störungen des Magnetismus selbst gehörig zu unterscheiden[1]. Die zusammenge-

1 Diese Hindernisse zu vermeiden wandte Gauss die schweren Nadeln an.

ſtellten Beobachtungen reichten nicht hin, um hierüber im Einzelnen zu urtheilen, indeſs glaubt Dove dennoch gefunden zu haben, daſs die unregelmäſsigen Veränderungen der Nadel mit der geographischen Breite abnehmen. Unter die vorzüglichsten störenden Urſachen gehören bekanntlich die Nordlichter, die ihre Wirkungen zuweilen schon am Tage vor ihrem Erscheinen äuſsern; aber auch ohne das Vorhandenseyn dieser Urſache traf eine bedeutende Anomalie der täglichen Variation auf den 19ten und 20sten Dec., als zu Berlin eine bedeutende Menge Schnee fiel und dauernde heftige Kälte eintrat, die nicht local war, indem auch zu Kasan das Thermometer von — 6° R. in 24 Stunden auf — 18°, dann auf — 22°,6 und am 26sten bis — 31° R. bei einem Barometerstande von 787,1 Millim. herabging. Dove glaubt mit Recht, daſs eine so plötzliche Kältezunahme auf den tellurischen Magnetismus Einfluſs haben könne.

Der merkwürdige Umstand, daſs die durch Nordlichter veranlaſsten Störungen der Magnetnadel an den entferntesten Orten gleichzeitig erfolgen, wenn gleich ihre Wirkungen von ungleicher Gröſse sind, geht klar aus der Zusammenstellung der Beobachtungen hervor, die zu Petersburg, Nicolajew und Kasan am 5. Mai 1830 angestellt wurden, wie sie durch Kupffer[1] mitgetheilt worden sind. Die unregelmäſsigen Schwankungen an allen drei Orten erfolgten nicht wie die täglichen Variationen an den nämlichen Tagesstunden jedes speciellen Orts, sondern gleichzeitig.

Kupffer[2] hat mit denjenigen Beobachtungen, welche gleichzeitig an den oben genannten Orten angestellt wurden, auch diejenigen verglichen, die der jüngere von Fuss als Begleiter der russischen Gesandtschaft nach Peking mit vortrefflichen Instrumenten zu machen Gelegenheit hatte. Hier beobachtete er die tägliche Variation am 21. Dec. 1830 und fand den Unterschied zwischen der gröſsten östlichen Abweichung Morgens um 10 Uhr und der gröſsten westlichen Mittags um 12 Uhr 30 Minuten = 4′ 35″. Am 22. December fand die erstere Morgens um 8 Uhr, die letztere um Mittag statt, der Unterschied betrug 4′ 10″. Am 20. März des fol-

1 Mém. de Petersb. VIme Sér. T. I. p. XXI.
2 Poggendorff's Ann. XXV. 226.

Digitized by Google

genden Jahres war die gröſste östliche Ablenkung um 8 Uhr 30 Min. Morgens, die gröſste westliche um 2 Uhr Nachmittags, der durchlaufene Bogen betrug 3′ 47″. Am folgenden Tage fielen die Extreme auf 9 Uhr 30 Min. Morgens und 12 Uhr 30 Min. Mittags, der Unterschied betrug 7′ 35″. Zu Petersburg war an diesen nämlichen Tagen am 21. Dec. die gröſste östliche Ablenkung um 4 Uhr 20 Min. Morgens, die gröſste westliche um Mittag, der Unterschied betrug 13′ 30″, aber der erste Stand der Nadel war eine Anomalie und sie durchlief von 10 Uhr Morgens bis Mittag nur einen Bogen von 6′. Am folgenden Tage hatte die Nadel während der ganzen Nacht oscillirt und kam erst um 8 Uhr Morgens zum Stillstande. Vo da an erreichte sie bis 11 Uhr ihre gröſste westliche Abweichung, wobei sie in diesem Zeitintervall einen Bogen von ungefähr 2′ durchlief. Am 20. März fand die gröſste östliche Ablenkung um 8 Uhr 40 Min. Morgens statt, die gröſste westliche um 2 Uhr Nachmittags; der durchlaufene Bogen betrug 9′. Am folgenden Tage fiel die gröſste östliche Abweichung auf 9 Uhr 20 Min. Morgens, die gröſste westliche auf 1 Uhr 20 Min. Nachmittags, der beschriebene Bogen betrug 12′. Kupfer findet in den Resultaten der Beobachtungen der unregelmäſsigen Variationen in der Abweichung, wie diese durch Fuss wahrgenommen wurden, die Bestätigung einer schon früher[1] von ihm geäuſserten Vermuthung, nämlich daſs die Perturbationen der Abweichung mit einer augenblicklichen Retrogradation der Linien ohne Abweichung zusammenhängen oder mit einer plötzlichen, aber allgemeinen Aenderung in der Vertheilung der magnetischen Kräfte der Erde. Ein Grund hierzu ist allerdings vorhanden. Nach dieser Hypothese müſsten nämlich, wenn die Nadeln in Europa (wo sie jetzt nach Osten gehn) eine unregelmäſsige Bewegung nach Osten zeigen, die Nadeln an solchen Orten, wo sie jetzt regelmäſsig nach Westen gehn, in demselben Augenblicke nach Westen vorrücken und umgekehrt. Es zeigte sich aber zu Peking an den Beobachtungstagen nur einmal eine bedeutende unregelmäſsige Ablenkung derselben, nämlich in der Nacht vom 22. zum 23. December um 2 Uhr

1 Ann. de Chim. et Phys. T. XXXV. p. 241. Poggendorff's Ann. X. 562.

Digitized by Google

30 Min. nach Mitternacht; die Nadel befand sich 5′ 6″ östlich von ihrem mittlern Stande. In demselbem Augenblicke, nämlich um 8 Uhr 40 Min. Abends am 22. December (da der Längenunterschied beider Orte 5 Stunden 36 Min. beträgt, also bis auf wenige Minuten gleichzeitig), rückte die Nadel zu Petersburg bedeutend nach West, so daſs sie etwa um 7′ westlicher stand, als Morgens um 11 Uhr zur Zeit ihrer regelmäſsigen gröſsten westlichen Abweichung. Hiernach würde also der von Hansteen gleichfalls angegebene Gegensatz zwischen dem Verhalten der regelmäſsigen, östlichen und westlichen Abweichung der Magnetnadel sich für die entlegensten Orte auch auf die unregelmäſsigen Variationen erstrecken und allgemeiner wirkende Ursachen dasjenige bedingen, was man geneigt seyn sollte, speciellen örtlichen Einflüssen beizulegen. Man kann jedoch nicht sagen, daſs die Theorie des tellurischen Magnetismus, falls die Thatsache durch fernere Beobachtungen Bestätigung finden sollte, hierdurch erleichtert würde, vielmehr scheint sie sich nur noch mehr in ein undurchdringliches Dunkel hüllen zu wollen.

Die bereits erwähnten höchst schätzbaren Bemühungen von Gauss im eigends dazu eingerichteten magnetischen Observatorium zu Göttingen haben gleichfalls den Zweck, durch correspondirende Beobachtungen an entlegenen Orten das Zusammenfallen der anomalen Variationen auszumitteln, um hierdurch den diese bewirkenden Ursachen näher auf die Spur zu kommen, und schon beginnt der bewiesene thätige Eifer nicht unbedeutende Früchte zu tragen, wie wir so eben mit Vergnügen erfahren[1]. Auf gleiche Weise, als nach dem frühern Vorschlage von v. Humboldt, werden an den entferntesten Orten mit ähnlichen kleinern Apparaten, als die groſsen Göttingischen, in vorher bestimmten Zeiten in kurzen Intervallen Beobachtungen angestellt und mit einander verglichen. Aus weit entlegenen Orten konnten hierüber bisher noch keine Nachrichten eintreffen, allein die Vergleichung gleichzeitiger Beobachtungen, unter andern von Sartorius unweit Meiningen und zu Frankfurt, von Encke und Poggendorff zu Berlin, ergeben schon das merkwürdige gleichzeitige Zusammenfallen der anomalen Variationen.

---

1 Götting. Gel. Anz. 1834. No. 128.

Unter den partiellen Ursachen, welche eine Variation der magnetischen Abweichung zur Folge haben, übergehn wir die bedeutendste, nämlich die *Nordlichter*, deren Einfluſs bereits öfter erwähnt und durch die sprechendsten Thatsachen so vollkommen auſser Zweifel gesetzt worden ist, daſs es keines weitern Beweises hierfür bedarf. Für einen Einfluſs der *Witterung* auf die Declination zeugt die oben erwähnte Beobachtung von Dove, auſserdem aber hat auch Schübler[1] nicht unbedeutende Beiträge zur Entscheidung dieser Frage geliefert. Seine mehrere Jahre hindurch fortgesetzten Beobachtungen wurden zwar wegen amtlicher Geschäfte nicht so angestellt, daſs sie als eine ohne Unterbrechung zusammenhängende Reihe gelten könnten, sind jedoch zahlreich genug, um hinsichtlich des fraglichen Punctes eine gewichtige Auskunft zu geben. Nach einer Zusammenstellung aller aufgezeichneten Werthe betrug die Gröſse der täglichen Variation zu Tübingen für die verschiedene Witterung

	heitere	gemischte	trübe	Mittel
Winter	8',0	7',6	6',7	7',40
Frühling	14,4	13,1	12,3	13,33
Sommer	16,2	15,2	13,6	15,12
Herbst	11,9	10,9	9,9	10,11
Jahr	12,6	11,7	10,6	11,68,

die tägliche Variation steigt demnach vom Wintersolstitium an bis zum Sommer von 8' bis zu 16',2, im Sommer ist sie an heitern Tagen im Mittel um 2',6 gröſser, als an trüben, im Winter dagegen nur um 1',3. Die Sache erscheint um so wichtiger, da Schübler zu den oben erwähnten dreimonatlichen Declinationsvariationen zu Berlin aus geeigneten Zeitschriften die nicht mit angegebenen gleichzeitigen Witterungsverhältnisse aufgesucht und daraus entnommen hat, daſs die Variation der Declination an trüben Tagen 9' 45", an heitern aber 8' 1" betrug. Einige wenige Beobachtungen von Farquharson[2] führen zu dem nämlichen Resultate. Dieser fand an dem hellsten Tage seiner Beobachtungen den 2. Oct. 1829 bei 11°,1 C. Temperatur die Variation = 26' 20", an den zwei trübsten den 3. und 4. Dec. aber bei 5°,5 C. Temperatur

1 Schweigg. Journ. Th. LXVII. S. 95.
2 Phil. Trans. 1830. p. 115.

= 3′ 20″ und 3′ 40″. Dieser groſse Unterschied ist zwar zum bei weitem gröſsten Theile eine Folge der Abnahme der täglichen Variation im Winter, kann jedoch groſsentheils auch dem Einflusse der Witterung beigemessen werden. Farquharson ist geneigt, die Ursache hiervon mehr dem Einflusse der Wärme, als dem der Sonnenstrahlen beizulegen, weil er bemerkt haben will, daſs die Wirkung geringer ist, wenn durch eine stärkere Schneedecke die Erwärmung des Bodens gehindert wird, als wenn nur wenig oder gar kein Schnee liegt. Schübler dagegen glaubt, daſs der gleichzeitige elektrische Zustand der Atmosphäre diese Wirkung hauptsächlich hervorbringe, aber auch G. A. Erman[1] leitete sie von der Wärme ab, weil bei seinen Beobachtungen zu Petersburg die Unterschiede vorzüglich durch heitere und regnerische Witterung bedingt wurden. Im Ganzen sind jedoch noch bei weitem nicht Thatsachen genug vorhanden, um hierüber mit Sicherheit zu entscheiden, und Letzteres ist um so weniger möglich, da aus den bisherigen Mittheilungen evident hervorgeht, daſs die den tellurischen Magnetismus modificirenden Bedingungen sich über weit gröſsere Flächen der Erde erstrecken, als wo die Witterung gleichzeitig den nämlichen Charakter hat.

Rücksichtlich der *speciellen Einflüsse* auf die Declination theilt G. A. Erman[2] eine schätzbare Erfahrung mit. Dieser erlebte nämlich am 8. März 1829 ein Erdbeben zu Irkutzk und fand, daſs die ziemlich heftigen Erdstöſse für die Zeit von einigen Minuten nach denselben keine Aenderung der Declination am Gambay'schen Declinatorium erzeugten, die nur eine einzige Bogenminute betrug, indem die Nadel gerade so stand, als sie nach fünftägigen Messungen um diese Zeit stehn muſste. Kupffer[3] schreibt dagegen den Erdbeben und vulcanischen Ausbrüchen nicht bloſs einen vorübergehenden, sondern sogar einen bleibenden Einfluſs auf die Neigung und Abweichung der Magnetnadel zu. Für eine vorübergehende Afficirung der horizontalen Nadel entscheidet die Beobachtung von Zobel[4], welcher in einer Kohlengrube unfern Mühlheim

1 Mém. de Petersb. T. I. p. 105.
2 Poggendorff's Ann. XVI. 157.
3 Ebend. 132.
4 Ebend. XII. 330.

Digitized by Google

an der Ruhr, etwa 155 Fuſs unter der Meeresfläche, am 23. Febr. 1828 zwischen 8 und 9 Uhr Morgens seine Markscheide-Operationen nicht fortsetzen konnte, weil seine Nadel Oscillationen bis zu 180° im Bogen machte und auch in der Neigung zu schwanken schien, während auf der Oberfläche der Erde in jenen Gegenden ein Erdbeben war, wovon er und die in der Tiefe arbeitenden Bergleute jedoch nichts verspürten.

Aeltere beobachtete Schwankungen der Magnetnadel bei Erdbeben, die z. B. Kant[1], Robison[2], de la Metherie[3], della Torre[4] und andere erwähnen, lassen sich leicht als solche betrachten, die alle schwebende Körper bei heftigen Erderschütterungen annehmen müssen, ohne daſs man veranlaſst wäre, sie einer Veränderung des tellurischen Magnetismus beizulegen. Wichtiger ist, was v. Humboldt[5] berichtet, daſs nämlich die Neigung seiner Nadel zu Cumana am 1. Nov. 1799 drei Tage vor dem Erdbeben von ihm = 43°,65, drei Tage nach demselben am 7. Nov. aber = 42°,75 und ein Jahr nachher = 42°,8 gemessen wurde, woraus mindestens wahrscheinlich wird, daſs bei einer so bedeutenden Afficirung der Neigungsnadel auch die Abweichungsnadel nicht ohne allen Einfluſs geblieben seyn würde. Indeſs erwähnt auch Vassalli-Eandi[6], daſs 1808 beim Erdbeben zu Pignerol die Magnetnadel nicht afficirt wurde, und Arago[7] ist gleichfalls nicht geneigt, die Schwankungen der Nadel zu Paris am 19. Febr. 1822 als Folge des Erdbebens anzusehn, was damals dort verspürt wurde. Im Ganzen muſs man als wahrscheinlich annehmen, daſs Erdbeben, die allezeit nur partiell sind und ihrer weiten Ausdehnung ungeachtet nur einen geringen Theil der Erde treffen, den allem Anscheine nach über die gesammte Erdrinde regelmäſsig verbreiteten tellurischen Magnetismus gar nicht oder nur seine speciellen örtlichen

1 Verm. Schriften Th. I. S. 564. Phys. Geographie. Th. II. Abtheil. 2. S. 420.

2 Syst. of Mechan. Phil. T. IV. p. 371.

3 Théorie de la Terre. T. III. p. 295.

4 Hist. et phénomènes du Vesuve. p. 221.

5 Voy. aux Rég. équin. T. IV. p. 25.

6 Journ. de Phys. T. LXVII. p. 292.

7 Ann. Chim. Phys. T. XIX. p. 106.

Digitized by Google

Aeuſserungen, und zwar dann nur vorübergehend, afficiren können.

Nach Fischer's[1] Erfahrungen wird die Intensität der Magnetnadeln vorübergehend durch Gewitter, namentlich durch Donner und Blitz, geschwächt, was in Beziehung auf eine örtliche und temporäre Wirkung aus dem erwiesenen Zusammenhange zwischen Elektricität und Magnetismus allenfalls erklärbar ist, und mit noch geringerer Schwierigkeit läſst sich die örtliche Ablenkung der Magnetnadel am Rande der Vulcane aus dem vielen dort vorhandenen Eisen ableiten. De Borda unter andern fand am Krater des Pics von Teneriffa die Abweichung = 19° 40′ westlich, zu Sta. Cruz dagegen = 15° 50′, zu Gomera = 15° 45′. Fischer fand mit dem nämlichen Instrumente am Rande des Kraters auf dem Vesuv in 3400 engl. Fuſs Höhe die Abweichung = 12° 25′ westlich, zwischen Bajae und Neapel = 15° 20′, und auf gleiche Weise am Südostrande des Aetna in 11000 engl. Fuſs Höhe die Abweichung = 18° 35′ westlich, zu Catanea südlich vom Vulcane = 16° 28′ und zu Messina nordöstlich = 17° 12′. Ueber andere locale Ablenkungen ist bereits das Nöthige beigebracht worden, auch lassen sich diese wohl ohne Ausnahme leicht erklären, so daſs es überflüssig erscheinen müſste, hierüber noch weitere Untersuchungen anzustellen.

b. Neigung der in ihrem Schwerpuncte aufgehangenen Nadel gegen den Horizont.

Wenn man eine Magnetnadel genau in ihrem Schwerpuncte mit einer feinen horizontalen Axe versieht und sie auf dieser frei beweglich im magnetischen Meridiane aufhängt, so wird auf der Nordhälfte der Erde das Nordpolarende dieser Nadel herabsinken und einen Winkel mit der Horizontalebene bilden, welchen man den Neigungswinkel oder die Neigung der Neigungsnadel, die Inclination der Inclinationsnadel nennt. Die Messung der Inclination an einem hinlänglich fein getheilten Kreise wäre unter diesen Bedingungen leicht, wenn letztere in absoluter Schärfe sich erreichen lieſsen; allein dieses ist kaum möglich und daher gehört die Bestimmung der

1 Phil. Trans. 1823. p. 243.

Digitized by Google

Neigung unter die schwierigern Probleme, die zur Auffindung der Aeuſserungen des tellurischen Magnetismus gehören, wenn man sich auch dazu der im vorletzten Abschnitte beschriebenen vollendetern Apparate und der zugleich angegebenen bessern Methoden bedient. Rudberg[1] räth daher, jede Bestimmung durch zwei Beobachtungsmethoden zu suchen und zur Vermeidung der Fehler, die daraus entstehn müssen, wenn die Nadel nicht genau in ihrem Schwerpuncte balancirt ist, zuerst ihre Pole umzukehren, die Neigung zu messen, dann sie wieder durch eine gleiche Anzahl von Strichen entgegengesetzt zu magnetisiren und abermals zu messen. Auſserdem aber soll man nach seinem Vorschlage nach der beschriebenen Messung die Nadel auf beiden Seiten des magnetischen Meridians östlich und westlich im Azimuth in Winkeln beobachten, die jedoch nicht über 30° betragen dürfen. Um dieses Verfahren kurz anzugeben, dient Folgendes mit Hinweisung auf die im vorhergehenden Abschnitte enthaltene ausführlichere Erörterung. Sind die auf diese Weise vor und nach der Umkehrung gemessenen Neigungen $= i, i', i'' \ldots$, die magnetischen Azimuthe $= \alpha, \alpha', \alpha'' \ldots$, so ist

$$\text{Cot. I} = \frac{\Sigma\,(\text{Cot. i Cos. }\alpha)}{\Sigma\,(\text{Cos.}^2\,\alpha)}.$$

Nach Kupffer[2] können aber durch beide Methoden die constanten Fehler, namentlich diejenigen nicht völlig vermieden werden, die entstehn, wenn die Axe der Nadel nicht völlig cylindrisch ist.

Die magnetischen Inclinationen an den verschiedenen Orten der Erde sind bei weitem nicht so häufig gemessen worden, als die Declinationen, auch legte man auf die Kenntniſs der letztern ungleich früher einen gröſsern Werth, als auf die erstern, hauptsächlich wegen ihres Einflusses auf die Schifffahrt; inzwischen haben wir insbesondere aus der neuern Zeit eine sehr groſse Menge genauer Beobachtungen, die bei der Untersuchung dieses eigenthümlichen Verhaltens des tellurischen Magnetismus als Grundlage dienen können. Auch zur Anstellung dieser Untersuchungen wurde der Impuls durch Al.

1 Quetelet Corresp. mathem. et phys. de l'Observ. de Brux. T. VIII. p. 217.

2 Poggendorff's Ann. XXV. 221.

Digitized by Google

v. Humboldt gegeben, Hansteen aber hat sich das Verdienst erworben, durch das Zusammenstellen und Ordnen der vorhandenen, kritisch geprüften Materialien allen künftigen Forschungen eine feste Grundlage zu verschaffen. Früher hat Cavallo[1] die wichtigsten, bis auf seine Zeit bekannten Beobachtungen zusammengestellt, und Wilke[2] machte den Versuch, aus den Messungen von Cunningham, Feuillée, de la Caille, Ekeberg und andern eine Neigungscharte zu entwerfen, indem er diejenigen Orte, die eine gleiche magnetische Neigung haben, durch Linien mit einander verband, die man nach Hansteen *isoklinische Linien* nennt.

So wie es magnetische Meridiane zum Unterschiede von den astronomischen giebt, zu deren Bestimmung die Abweichung der Magnetnadel dient, muſs die Neigungsnadel auch die *magnetische Breite* geben, die vom Aequator mit Null anfangend nach Norden und Süden hin zunimmt, unter den magnetischen Polen selbst aber = 90° wird. Dieses setzt dann aber einen *magnetischen Aequator* voraus, welcher nicht nothwendig mit dem geographischen zusammenfallen muſs, und es folgt dann von selbst, daſs man auch von einer *magnetischen Länge* reden könne, die von irgend einem Puncte im magnetischen Aequator anfangend östlich und westlich gezählt werden kann. Vor allen Dingen war daher zuerst erforderlich, den magnetischen Aequator genau aufzufinden, wovon man anfangs glaubte, daſs er mit dem astronomischen zusammenfalle, und als sich zeigte, daſs dieses nicht statt finde, weil die Neigungsnadel an einigen Puncten unter der Linie noch eine meſsbare Inclination wahrnehmen lieſs, genügten die vorhandenen Beobachtungen nicht, darüber bestimmt zu entscheiden, ob der magnetische Aequator dem astronomischen parallel laufe, oder ihn in zwei Puncten schneide. Mit Uebergehung früherer Versuche erwähne ich bloſs dasjenige, was seit den schätzbaren Beobachtungen Al. v. Humboldt's in dieser Beziehung geschehn ist. Früher war man allgemein der Meinung, welcher Biot[3] anfangs noch huldigte, der magne-

1 Theoret. und prakt. Abhandlung d. Lehre vom Magnete. Aus den Engl. Leipz. 1788. 8.

2 Versuch einer magnetischen Neigungscharte. In Schwed. Abhandl. für 1768. T. XXX. p. 209.

3 Traité de Phys. T. III. p. 129.

tische Aequator sey ein gröſster Kreis, welcher den astronomischen Aequator in zwei Puncten schneidend um die ganze Erde laufe. Von den beiden hiernach vorhandenen Knoten setzte man den einen in 113° 14′ westl. Länge von Greenwich in das Südmeer neben die Insel Gallapago, ungefähr 900 französ. Meilen von den Küsten Peru's, wonach der andere Knoten in 293° 14′ westl. oder unter 66° 46′ östl. Länge liegen müſste. Es ergab sich bald aus den Beobachtungen von COOK und WILLIAM BAYLY, daſs dieses nicht seyn könne, indem beide im Jahre 1777 den magnetischen Aequator in 156° 30′ 9″ westl. Länge und 3° 13′ 40″ südl. Br. auffanden, statt daſs er nach der Voraussetzung eines gröſsten Kreises sich in jener Länge unter 8° 56′ 30″ nördl. Br. hätte finden müssen. Uebereinstimmend mit BAYLY fand auch DALRYMPLE die Neigung = 0 unter 7° nördl. B. im Meere von China in 106° 20′ östl. Länge, wonach also der magnetische Aequator den astronomischen auſser dem angegebenen westlichen Knoten noch einmal und in Folge hiervon abermals, im Ganzen also viermal schneiden muſste[1]. MORLET[2] suchte die verschiedenen Beobachtungen zu vereinigen, interpolirte die fehlenden Stellen und zeichnete hiernach denjenigen magnetischen Aequator, welchen BIOT[3] aufgenommen hat. Dieser schneidet ungefähr in 18° 20′ östl. Länge von Greenwich an der Küste von Africa den astronomischen Aequator, senkt nach Westen hin sich südlich herab und erreicht seine gröſste südliche Breite von 14° 10′ diesseit Brasilien in ungefähr 26° westl. Länge, läuft eine Strecke lang dem astronomischen Aequator parallel durch America, nähert sich in etwa 96° westl. L. bei den Gallapagos-Inseln diesem wieder und kommt mit ihm zur Berührung, ohne ihn zu schneiden, in 117° 40′ westl. L., von wo an er sich wieder südlich senkt und das zweite Maximum seiner südlichen Breite von 3° 15′ ungefähr in 160° westl. L. erreicht. Dieser Punct liegt nahe in der Mitte zwischen den Freundschafts- und Societätsinseln. Von diesem Puncte an erhebt er sich allmälig gegen Norden, schneidet den

---

1 Les Variations du magnetisme terrestre à differentes Latitudes. Par MM. HUMBOLDT et BIOT. Par. 24 pp. 4. mit 2 K.

2 Mém. prés. à l'Inst. de France. T. III. p. 132.

3 Précis élém. T. II. Pl. III.

Digitized by Google

astronomischen Aequator in etwa 176° östl. Länge von Greenwich, nicht weit vom Meridian der Mulgrave-Inseln, erreicht sein erstes Maximum der nördlichen Declination von 9° in 130° östl. Länge, nähert sich dem astronomischen Aequator wieder bis auf 7° 44′ beim Eingange des Golfs von Siam südlich der Insel Condor unter etwa 108° östl. Länge, erhebt sich abermals nach Norden, läuft durch den Golf von Bengalen, schneidet die Spitze von Indien, bis er in ungefähr 64° östl. Länge sein zweites absolutes nördliches Maximum von 11° 47′ erreicht. Von hier aus senkt er sich schnell herab, schneidet in der Gegend der Meerenge Bab-el-Mandeb in die Küste von Africa ein und gelangt so wieder zum oben angegebenen Anfangspuncte. Biot, welcher einen Magnet im Centrum der Erde als die Ursache der sämmtlichen Erscheinungen des tellurischen Magnetismus betrachten wollte, nahm zur Erklärung der vermeintlichen Ausbeugung des magnetischen Aequators im stillen Oceane seine Zuflucht zu einem örtlich wirkenden kleinen Magnete; allein die ganze Hypothese ist wohl nicht füglich mit den seitdem bekannt gewordenen Thatsachen vereinbar.

Neuerdings ist die Lage des magnetischen Aequators genau bestimmt worden durch Duperrey[1], welcher dazu seine eigenen zahlreichen Beobachtungen und die anderer Seefahrer, namentlich Sabine's, benutzte. Vergleicht man den Lauf dieser Linie ohne Neigung, wie sie durch Hansteen in seinem Atlas für 1780 und durch Morlet gezeichnet worden ist, mit demjenigen, welchen sie nach den genannten Beobachtungen zwischen den Jahren 1822 und 1825 haben muſs, so gelangt man zu einigen ebenso interessanten als wichtigen Resultaten. Nach Morlet war unter 24° 55′ westl. Länge von Greenwich die südliche Breite des magnetischen Aequators = 14° 10′ und unter 12° = 11° 36′, nach Duperrey aber am erstern Orte = 12° 27′ 11″ und am zweiten = 9° 45′. Der magnetische Aequator hat sich also am ersten Orte um 1° 43′, am zweiten um 1° 51′ dem geographischen Aequator genähert, an andern vier Puncten hat er sich aber davon entfernt. Eine genauere Betrachtung dieser und anderer damit zusammenhängender Er-

1 Ann. Chim. Phys. T. XXX. p. 347. Poggendorff's Ann. VIII. 175.

Digitized by Google

scheinungen erfordert jedoch keineswegs die Annahme einer allgemeinen Aenderung seiner Krümmung, sondern läſst sich einfach aus einer Fortrückung desselben von Ost nach West erklären; derselbe müſste also in jenem Zeitraume um 10° zurückgewichen seyn. Uebereinstimmend hiermit fand Duperrey einen Knoten beider Linien unter 174° 20′ östl. Länge, den Hansteen's Charte für 1780 unter 186° 20′ setzt, und Freycinet's Beobachtungen geben einen Tangentialpunct beider Aequatoren unter 129° 40′ westl. Länge, den Morlet unter 117° 40′ westl. Länge setzt, während Hansteen zwei Durchschnittspuncte in 106° 40′ und 123° 40′ westl. Länge annimmt. Sabine fand zu St. Thomas unter 0° 24′ nördl. Br. die Neigung = 0° 4′ S., wonach der Knoten etwa in 7° 20′ östl. Länge fällt, der nach Hansteen und Morlet für 1780 wenigstens in 15° östl. Länge fällt. Ein Fortrücken des magnetischen Aequators von Ost nach West ist daher gar nicht zu bezweifeln, ebenso wie die hieraus nothwendig hervorgehenden Folgerungen, worunter nach Kupffer[1] die jährliche Aenderung der Declination gehört, weil mit dem magnetischen Aequator zugleich die Linien ohne Abweichung sich bewegen müssen. Ein solches Fortschreiten stimmt auſserdem mit der ungleichen Veränderung der Inclination an den verschiedenen Orten auf das Genaueste überein.

Nach der Zeichnung, welche Duperrey[2] an Al. v. Humboldt vorläufig gesandt hat, bildet der magnetische Aequator eine zuweilen gebrochene und in Winkeln ausspringende Linie. Ob dieses in der Wirklichkeit so statt findet oder nur als eine Folge des kleinen Maſsstabes und der einzelnen, genau gemessenen Puncte zu betrachten ist, läſst sich nicht mit Gewiſsheit bestimmen, doch ist Letzteres wahrscheinlicher. Ein Theil des magnetischen Aequators von 0° bis 150° westl. Länge von Greenwich befindet sich auf der Charte der gesammten magnetischen Linien, welche G. A. Erman[3] zur Darstellung seiner eigenen, im Jahre 1829 gemachten Beobachtungen entworfen hat, vollständig ist derselbe aber durch

1 Ann. Chim. et Phys. XXXV. p. 241. Poggendorff's Ann. X. 555.

2 Poggendorff's Ann. XXI. 151. Daselbst die Charte.

3 Poggendorff's Ann. XX. Taf. II.

Digitized by Google

Hansteen[1] gezeichnet, zwar für das Jahr 1827, allein die hierzu gehörige Lage desselben kann nicht füglich von derjenigen, die dem Jahre 1830 angehört, auf welches wir gern die magnetischen Linien beziehn möchten, wesentlich abweichen, so daſs sich also die in diesem Zeitraume statt gefundene Aenderung leicht suppliren läſst. Hiernach ist also der magnetische Aequator auf der Charte II. dargestellt. Auf ebendieser befinden sich dann auch als punctirte Linien die *Linien gleicher Neigung* oder die *isoklinischen* Linien, die theils aus Hansteen's und Erman's genannten Charten, theils aus Duperrey's und sonstigen später zu erwähnenden Bestimmungen der Inclination entnommen sind. Wegen der Wichtigkeit der Kenntniſs der magnetischen Neigung in der nordpolaren Zone ist die kleine Polarcharte No. IV. hinzugefügt, die insbesondere wegen der neuerdings erhaltenen genauern Bestimmung des einen magnetischen Nordpols interessant ist. Char. II. Char. IV.

Hansteen[2] stellt in Beziehung auf die Linien gleicher Neigung folgende aus dem Wesen der Sache entnommene allgemeine Regeln auf. 1) Zwei Neigungslinien können einander nicht schneiden, weil sonst die magnetischen Kräfte der Erde an einem und demselben Orte zwei verschiedene Mittelrichtungen haben müſsten, was unmöglich ist.

2) Die Neigungslinien müssen vom magnetischen Aequator an nach Norden mit nördlicher, nach Süden mit südlicher Neigung dem magnetischen Aequator nahe parallel in sich zurücklaufende krumme Linien um die ganze Erde bilden. Dabei versteht sich von selbst, daſs dieser Parallelismus um so viel vollständiger ist, je näher die Linien dem magnetischen Aequator sind oder je geringer die Inclination ist.

3) Die Neigungslinien können nicht gebrochen seyn, und es lassen sich daher manche fehlerhafte Beobachtungen nach der regelmäſsigen Krümmung derjenigen Isoklinen, denen sie zugehören, prüfen und verbessern.

Aus dem Anblicke der Charte, welche mindestens im Wesentlichen für richtig gelten kann, ergiebt sich ferner, daſs die Krümmungen der Isoklinen, die vom magnetischen Aequator ausgehn, mit der Vermehrung der geographischen Breite

1 Poggendorff's Ann. XXI. Taf. V.
2 G. LXXVI. 190.

Digitized by Google

zunehmen, und es hat fast das Ansehn, als ob das ganze System dieser Linien gleicher Neigung durch die in den Polarzonen liegenden Ursachen bedingt sey und diesen die vorhandenen eigenthümlichen Krümmungen verdanke. G. A. Erman hat auſserdem versucht, den Zusammenhang zwischen den isogonischen und isoklinischen Linien nachzuweisen; es ist jedoch fraglich, bis zu welchem Grade dieses schon jetzt im Bereiche der Möglichkeit liegt, insofern es ohne eine zum Grunde liegende genügende Theorie des tellurischen Magnetismus schwer ist, das Verhalten desselben unter allgemeine Gesetze zu bringen.

Die Veränderungen des gesammten Systems der Isoklinen in längern Perioden lassen sich gleichfalls am leichtesten aus Charten übersehn, welche die Neigungslinien aus frühern Perioden darstellen. Am brauchbarsten hierzu sind diejenigen, die sich in Hansteen's Atlas finden. Die erste derselben für das Jahr 1600 ist hauptsächlich nach Hudson's Beobachtungen entworfen, Wilke's Charte[1] nach den Messungen von Cunningham, Feuillée, La Caille und Ekeberg dient als Grundlage der Neigungscharte für 1700, Cook's und La Perouse's Beobachtungen geben die Materialien zu der dritten für 1780. Es ist zwar interessant, die Veränderungen der Isoklinen zu übersehn, es scheint mir jedoch nicht des Aufwandes werth, für diesen Zweck eigene Charten mitzutheilen, weil diese Veränderungen ungleich einfacher sind, als die der isogonischen Linien. Die eigenthümliche Krümmung des magnetischen Aequators ist sich nämlich so ziemlich gleich geblieben und demnach auch die hiermit correspondirende der Isoklinen; man darf also, um eine Vorstellung derselben zu erhalten, nur den Hauptdurchschnittspunct der beiden Aequatoren soviel weiter östlich rücken, als dem zwischenliegenden Zeitintervalle proportional ist. So schneidet auf Wilke's Charte der magnetische Aequator in ungefähr 36° östl. Länge von Greenwich den geographischen und läuft dann in ähnlichen Krümmungen, als die auf unserer Charte angegebenen, um die ganze Erde bis zu diesem Anfangspuncte zurück. Als interessanter Beitrag zur Kenntniſs der Isoklinen dient hauptsächlich die kleine Neigungscharte für die america-

1 Schwedische Abhandlungen für 1768.

nische Nordpolargegend, welche Hansteen[1] vorzüglich nach den Beobachtungen von Parry mit Zuziehung der ältern von Hutchins und Pickersgill aus den Jahren 1774 bis 1776 entworfen hat. Hier gewahrt man bald, daſs die Linien gleicher Neigung um den magnetischen Nordpol in sich zurücklaufende Curven bilden, die Ovalen gleichen und auf denen die Abweichungsnadel in jenen Gegenden meistens lothrecht ist. Ueber ein gewisses unverkennbares und höchst interessantes Verhältniſs zwischen den Isoklinen und Isothermen wird im Art. *Temperatur* geredet werden.

So wie auf der einen Seite die Bestimmung des magnetischen Aequators für die Isoklinen von groſser Wichtigkeit ist, so ist auf der andern die Lage des einen oder der mehrern *Magnetpole* derjenigen Erdhälfte, um welche es sich handelt, von nicht minderer Bedeutung. Anfangs setzte man die beiden magnetischen Pole in die Erdpole selbst, was insbesondere rücksichtlich des nördlichen der Fall war, woraus die Lage des südlichen von selbst folgte; inzwischen muſste die frühzeitig beobachtete Abweichung der Magnetnadel vom astronomischen Meridiane Zweifel hiergegen hervorrufen, ohne daſs man jedoch die Aufgabe aus Mangel an vorhandenen Thatsachen gründlich zu verfolgen vermochte. Inwiefern die spätern Versuche, eine Theorie des tellurischen Magnetismus aufzufinden, zu einer nähern Bestimmung des magnetischen Nordpols führen muſsten, um die Abweichungen und Neigungen der Magnetnadel in Einklang zu bringen, ist oben in diesem Abschnitte gezeigt worden. In der neuern Zeit setzte Biot den nördlichen Magnetpol in 42° 40′ westl. Länge von Greenwich und in 78° nördl. Br. in den östlichen Theil von Grönland, den südlichen in 137° 20′ östl. Länge und 78° südl. Br. Es wurde jedoch bald klar, daſs auf der nördlichen Erdhälfte allein zwei Magnetpole seyn müſsten, um die eigenthümlichen Krümmungen der Isoklinen unter höhern Breiten erklärbar zu machen. Hansteen zeigte dieses überzeugend und bestimmte die Lage des einen, des sogenannten *americanischen Magnetpols,* für 1830 zu 69° 30′ nördl. Br. und 87° 19′ westl. L. von Greenw. Nach den Ergebnissen auf Parry's zweiter Reise von 1822 und 1823, wobei man demselben sehr nahe und

1 Poggendorff's Ann. IV. 277.

noch über ihn hinauskam, indem die Abweichungsnadel eine umgekehrte Richtung annahm, schien er muthmaſslich zwischen 71° und 72° nördl. Br. und 99° westl. L. zu liegen[1], auf seiner dritten im Jahre 1824 und 1825 beobachtete Parry zu Port Bowen

unter	73°	14′	nördl. Br.	und	88°	55′	westl. L.	die Neigung	88°	1′
—	73	6	—	—	91	20	—	—	88	2
—	73	9	—	—	89	1	—	—	88	8

wonach man ihn in 70° nördl. Br. und 90° westl. L. setzte. Ross beobachtete auf seiner letzten Reise von 1829 bis 1833 die Neigung da, wo die Nadel bis auf 1 Minute vertical stand, und setzte hiernach, da 1′ immerhin als Beobachtungſfehler gelten kann, den Pol in 70° 5′ 17″ nördl. Br. und 96° 45′ 18″ westl. L. Die Anwesenheit dieses einen magnetischen Pols, und daſs die Beobachter sich wirklich über demselben befanden, ging auch daraus überzeugend hervor, daſs die Abweichungsnadel beim Umfahren desselben stets gegen ihn gerichtet war und über ihm dem Laufe der täglich am Horizonte umkreisenden Sonne folgte. Der Umfang des eigentlichen Pols beträgt ungefähr eine englische Meile[2].

Auſser den bereits erwähnten ältern Beobachtungen der magnetischen Inclinationen sind in den neuern Zeiten eine un-

---

1 Bei der Ankunft in Lancastersund zeigte sich ungefähr in 74° 19′ 38″ nördl. Br. und 89° 18′ 40″ westl. L. von Greenwich die magnetische Kraft so schwach, daſs die Declinatorien sich bloſs nach dem Pole des Eisens im Schiffe einstellten, wenn sie sehr beweglich aufgehängt waren, und ganz still standen, wenn sie schwere Karten hatten. Erst als die Schiffe in 68° 15′ 20″ nördl. Br. und 65° 48′ 38″ westl. L. angekommen waren, wird bemerkt, daſs sich die Nadeln leicht drehten und auf die gewöhnliche Weise bei der Fahrt gebraucht wurden. Wie nahe sie dem magnetischen Pole waren, ergiebt sich aus folgenden gemessenen Inclinationen:

unter	59°	48′	18″	westl. L.	72°	00′	01″	nördl.	Br.	I =	84°	14′	09″
	77	22	21	—	73	31	16	—		—	86	03	42
	89	42	21	—	72	45	15	—		—	88	46	42
	103	44	37	—	75	09	22	—		—	88	25	58
	110	33	55	—	74	46	56	—		—	88	29	19
	110	48	29	—	74	47	19	—		—	88	43	30

letztere Bestimmung ganz genau.

2 Lond. and Edinb. Phil. Mag. N. XXI. p. 222. Poggendorff's Ann. XXXII. 224. Berghaus Ann. 1834. Juni p. 275.

Digitized by Google

glaubliche Menge von den Seefahrern angestellt worden, deren Reisen vorzüglich die Erweiterung der Wissenschaften bezweckten, unter denen Duperrey und Freycinet, Parry, Sabine, Beechey und G. A. Erman vorzüglich genannt zu werden verdienen; die Resultate ihrer Messungen finden sich in weitläufigen Tabellen ihren Reiseberichten beigefügt. Als einzelne schätzbare Bemühungen für einen einzigen bestimmten Ort oder für minder ausgedehnte Länderstrecken verdienen genannt zu werden die Untersuchungen der magnetischen Verhältnisse zu Berlin und in der Umgegend von P. Erman[1]. Hier findet man zugleich interessante Bemerkungen über die Vertheilung des Magnetismus, namentlich in groſsen eisenhaltigen oder ganz aus Eisen bestehenden Massen. Rudberg[2] fand die Neigung zu Stockholm = 71° 40′,6, zu Upsala = 71° 42′,25, so daſs die Isokline für 70° zwischen Berlin und Stockholm sich bedeutend aufwärts krümmt. Riess fand nämlich für Berlin 68° 24′, P. Erman 68° 14′, welche beide Werthe Rudberg für nicht ganz genau hält und daher als Mittel 68° 16′,2 annimmt. G. A. Erman[3] erhielt nach Mayer's Methode zu Petersburg die Neigung im Mittel = 71° 12′ 25″, so daſs sie also dort geringer ist, als zu Stockholm und Upsala. Eine groſse Menge von Messungen der Inclination hat Hansteen theils selbst an vielen Orten Europa's und des nördlichen Asiens angestellt, theils von andern Beobachtern entnommen und in einer schätzbaren Uebersicht zusammengestellt[4], die bei dem Entwurfe der mitgetheilten Charten II und IV benutzt sind. Es würde jedoch zu weitläufig seyn, alle diejenigen namhaft zu machen, die sich um diese Bestimmungen verdient gemacht haben, auch schien uns statt der weitläufigen Tabellen eine graphische Darstellung auf den Charten zweckmäſsiger zu seyn.

Man findet es seit der Anregung, welche auch dieser Zweig der physikalischen Wissenschaften durch A. v. Humboldt erhielt, nicht genügend, die Neigung der Magnetnadel

1 Berl. Denkschr. 1828. Vergl. Poggendorff's Ann. XXIII. 485.
2 Quetelet Corr. math. et phys. T. VIII. p. 218.
3 Mém. de Petersb. Sav. Étrang. T. I. p. 106.
4 Astronom. Nachrichten. 1828. N. 146. Poggendorff's Ann. XIV. 376.

Digitized by Google

an den einzelnen Orten der Erdoberfläche genau aufzufinden, sondern man war auch zugleich bemüht, die Frage zu beantworten, ob sich dieselbe an den nämlichen Orten während längerer Perioden *regelmäſsig* oder *unregelmäſsig ändere.* In dieser Beziehung bemerkte jedoch schon Cotte[1] mit Recht, daſs viele der ältern Messungen, namentlich die von Musschenbroek und Duhamel zu Paris und die ungefähr um die nämliche Zeit von andern Gelehrten an sonstigen Orten gemachten Messungen, keinen hinlänglichen Grad der Zuverlässigkeit haben, was hauptsächlich der Mangelhaftigkeit der gebrauchten Apparate und zum Theil auch der Unzulänglichkeit der angewandten Methoden beizumessen ist. Unter die Classe der genauen Bestimmungen gehört ohne Widerrede wohl die von Coulomb[2] zu Paris, welcher im Jahre 1803 die Neigung daselbst = 69° 29′ fand. Im October des Jahrs 1810 wurde sie = 68° 50′ und mit der nämlichen Nadel im März 1817 = 68° 50′ gefunden, was also eine Unveränderlichkeit derselben während dieses letztern Zeitraumes beweisen würde. Dagegen fand Arago[3] am 19. August 1825 dieselbe = 68° 0′, was mit der Bestimmung von Coulomb verglichen eine jährliche Abnahme von 4′ giebt. Von Humboldt, Gay-Lussac und Arago fanden die Abnahme aus der Vergleichung der Messungen von 1798 bis 1814 etwas gröſser. Ferner fanden v. Humboldt und de Borda im Jahre 1798 die Neigung zu Paris = 69° 51′, im Jahre 1817 aber wurde dieselbe durch Arago = 68° 38′ gefunden, welches eine jährliche Veränderung von — 3′,84 giebt[4]. Die genauesten Bestimmungen hierüber sind durch A. v. Humboldt[5] gegeben worden. Dieser veranstaltete 1798 die bereits erwähnten genauen Messungen mit de Borda und fand die Neigung = 69° 51′, im October 1810 aber erhielt ebenderselbe mit Arago 68° 50′, was eine mittlere jährliche Abnahme von 5′ giebt. Im August 1825 war die Neigung = 68° 0′, also eine jährliche Verminderung von 3′,3, woraus folgt, daſs sich die Abnahme um so mehr ver-

1 Journ. de Phys. T. LXV. p. 295.
2 Mém. de l'Inst. T. IV.
3 Annuaire prés. au Roi. 1825. p. 178.
4 Hansteen in Poggendorff's Ann. VI. 325.
5 Poggendorff's Ann. XVI. 322.

Digitized by Google

langsamt, je näher der magnetische Knoten dem Meridiane von Paris rückt.

Wie schwierig es sey, aus der Vergleichung älterer und neuerer Beobachtungen die periodischen Variationen der Inclination und ihre Gröſse mit Genauigkeit auszumitteln, ersieht man hauptsächlich aus den zu London angestellten Messungen. Dort fand Robert Norman im Jahre 1576 die Neigung = 71° 50′. Gilpin und Cavendish bestimmten sie im Jahre 1775 = 72° 30′, was demnach eine Vermehrung anzeigt. Im Jahre 1805 wurde sie = 70° 21′ gefunden, eine Bestimmung, die Al. v. Humboldt[1] für richtig hielt und die demnach die Abnahme bestätigen würde. Auch Hansteen[2] schloſs aus einer Vergleichung der Messungen von Gilpin seit 1786 bis 1808 unter sich und mit denen von Kater, Sabine und Parry in den Jahren 1818 und 1819, daſs sich die Neigung zu London fortwährend ändere. Gilpin fand dieselbe nämlich 1786 = 72° 8′,1 und 1808 = 70° 1′,0, welches nahe genau eine jährliche Abnahme von 5′ giebt. Hiernach muſste sie aber im Jahre 1818 = 69° 11′ seyn, statt daſs sie = 70° 34′,6 und im Jahre 1819 = 70° 33′,3 gemessen wurde, und da diese letztern Messungen auf einen hohen Grad von Genauigkeit Ansprüche haben, so muſs dadurch die Voraussetzung einer ganz regelmäſsigen periodischen Aenderung wankend werden. Andere Vergleichungen geben auſserdem ein verschiedenes Resultat. Sabine[3] fand im Jahre 1821 die Neigung = 70° 3′, und wenn man aus den Messungen von Nairne im Jahre 1772 und von Cavendish im Jahre 1776 sie für das Jahr 1774 zu 72° 25′ annimmt, so gäbe dieses eine jährliche Verminderung von 3′,02, was mit einer andern Bestimmung von 3′,05 für den Zeitraum von 1720 bis 1774 aus den Messungen von Whiston = 75° 10′ und der erwähnten von Cavendish = 72° 25′, welche beide für sehr richtig gelten können, genau genug übereinstimmt[4]. Nahe übereinstimmend hiermit folgert Hansteen[5] aus den Messungen von Cavendish

1 G. XXIX. 400.
2 Ebend. LXXI. 273.
3 Phil. Trans. 1822. p. 1.
4 Phil. Trans. for 1776.
5 Poggendorff's Ann. VI. 325.

Digitized by Google

im Jahre 1775 = 72° 31′ und von Sabine im Jahre 1821 = 70° 3′ eine jährliche Abnahme von 3′,22, v. Humboldt[1] dagegen aus denen von 1775 und 1806 eine solche von 4′ 18″, was mit dem für Paris erhaltenen Resultate genau übereinstimmen würde. Es ist daher auf jeden Fall zu früh, schon jetzt den Gang der Neigungsvariationen auf längere Perioden in voraus zu bestimmen, wie Barlow[2] gethan hat. Nach diesem ändert sich die Neigung jetzt stärker als die Abweichung, und dieses wird fortdauern, so daſs im Jahre 1828 die letztere 24° 29′, die erstere 69° 43′, im Jahre 1833 aber erstere 24° 26′, letztere 69° 21′ betragen sollten. Diese wachsende Abnahme soll dann 260 Jahre dauern und nach deren Verlauf die Declination auf 0°, die Inclination aber auf 56° als Minimum kommen. Beide sollen dann 260 Jahre hindurch wieder zunehmen, die Declination ihr östliches Maximum erreichen, nachher aber 165 Jahre hindurch wieder abnehmen, die Inclination aber unausgesetzt wachsen, so daſs im Jahre 2510 die Abweichung zu London abermals = 0, die Neigung aber = 77° 43′ im absoluten Maximum seyn würde.

Auch Berlin muſs unter denjenigen Orten genannt werden, wo ältere und neuere Beobachtungen zur Entscheidung der Frage über die periodischen Veränderungen der Neigung führen. Dort ist neuerdings am meisten durch Al. v. Humboldt[3] geschehn. Dieser bestimmte im Winter 1806 in Verbindung mit Gay-Lussac die dortige Neigung zu 69° 53′, im December 1826 aber mit Encke und P. Erman zu 68° 39′, welches also eine jährliche mittlere Abnahme von 3′,7 giebt. Dieses Resultat mit dem aus L. Euler's ältern Messungen verglichen zeigt, daſs die Verminderung früher geringer war, was der bereits erwähnten Theorie von einer Bewegung der Knoten des magnetischen und Erdäquators ganz conform ist. Wiederholte Beobachtungen zu Berlin von P. Erman[4] führen zu einem ähnlichen Resultate. Es fanden sich nämlich

1 Poggendorff's Ann. XVI. 323.
2 Ann. of Phil. T. V. p. 456.
3 Poggendorff's Ann. XV. 320.
4 Ebend. XXIII. 485.

Digitized by Google

im Jahr 1812 die Neigung		= 69°	15′	37″.	Jährliche Aenderung		
1824 Nov.	—	= 68	50	45.	2′	56″.	
1826 Nov.	—	= 68	45	45.	2	30.	
1828 Apr.	—	= 68	37	53.	5	34.	
1831 Mai	—	= 68	14	3.	7	56.	

Auffallend ist, daſs v. Humboldt mit Gay-Lussac im Jahr 1805 zu Göttingen die Neigung = 69° 29′ und ersterer mit Gauss im Jahr 1826 sie = 68° 29′ 26″, also eine jährliche Abnahme von 2′,8 fanden, da sie während dieser Zeit im westlich liegenden Paris 3′,8 und im östlich gelegenen Berlin 3′,7 betrug[1]. In Florenz war während dieser nämlichen Zeit nach den Messungen von Gay-Lussac und v. Humboldt eine jährliche Abnahme von 3′,3, zu Turin von 3′,5, also lauter Gröſsen, die sehr genau unter einander übereinstimmen[2].

Genaue Messungen aus längern Perioden sind auch für Upsala vorhanden und Rudberg[3] gebührt das Verdienst, aus einer Vergleichung derselben einen schätzbaren Beitrag zur Entscheidung der Frage über die jährlichen Aenderungen der Neigung geliefert zu haben. Dort fand Celsius im Jahre 1743 die Neigung = 75° im Mittel aus mehrern Messungen, deren Fehlergrenze er jedoch auf 30′ schätzt. Rudberg bestimmte sie im Jahre 1834 zu 71° 42′,25, wonach also die jährliche Veränderung 2′ 16″ beträgt. Wilke fand 1768 für Stockholm dieselbe gleichfalls = 75° und Rudberg für 1834 = 71° 40′,6, welches eine jährliche Variation von 3′ 8″ giebt, und vermuthlich sind daher die beiden ältern Messungen nicht hinlänglich genau, da an diesen so nahen Orten die jährlichen Variationen wohl nicht so ungleich seyn können.

Nirgends ist für die Entscheidung der vorliegenden Frage mehr geschehn, als zu Petersburg, wo insbesondere in den neuesten Zeiten die in diesem speciellen Zweige berühmtesten

1 Die angegebene Bestimmung von Erman aus diesem Zeitraume führt nicht auf diesen Widerspruch.

2 Für künftige Vergleichungen giebt v. Humboldt sehr zweckmäſsig noch folgende Bestimmungen an. Er fand zu Metz im Sept. 1826 die Neigung = 67° 29′,5, zu Frankfurt a. M. im nämlichen Jahre und Monate = 67° 52′, zu Töplitz im Juli 1828 = 67° 19′,5, in Prag im nämlichen Jahre und Monate = 66° 47′,6, in Freiberg im Juni desselben Jahres = 67° 33′, in Dresden im Aug. 1828 = 67° 45′,8.

3 Quetelet Corresp. math. et phys. T. VIII. p. 219.

Gelehrten mit Benutzung der vollendetsten Apparate eine groſse Menge der genauesten Messungen veranstaltet haben. Die älteste Messung der Inclination ist die von Mallet am 8ten und 12ten Jan. 1769, woraus sich dieselbe = 73° 46′ ergab, die folgenden von Kraft aus dem Jahre 1778 ergaben dieselbe = 72° 36′, die neuesten von Hansteen, v. Humboldt und Kupfer seit Juni 1828 bis Mai 1830 zeigen dieselbe zwischen 71° 11′ und 71° 20′, woraus eine fortdauernde regelmäſsige Abnahme unverkennbar hervorgeht. Nachdem G. A. Erman dieselbe, wie oben erwähnt worden ist, im Mittel = 71° 12′. 25″ gefunden hatte, fand Hansteen sie 1828 = 71° 17′,3 und v. Humboldt im Jahre 1829 im December = 71° 6′,7, im Mai aber = 71° 9′,5. So genau dieses auch übereinstimmt, glaubte Kupfer[1] dennoch bei der bekannten Schärfe der Messungen dieses Gelehrten, die von ihm gebrauchte Nadel müsse einen Fehler der Cylinderform ihrer Axen haben, der erst bei starken Neigungen zum Vorschein komme, und überzeugte sich auch später, daſs die Achatplatten der einen Nadel nicht genau in der nämlichen Horizontalebene liegen, woraus immerhin Differenzen der Messungen mit zwei Nadeln, die bis auf 6′,6 und 7′ steigen, erwachsen können. Um daher noch genauere Resultate zu erhalten, maſs er selbst in Verbindung mit Hansteen und bediente sich dabei der von Hansteen und der von v. Humboldt gebrauchten Apparate, zugleich aber einer vortrefflichen Nadel von Gambey, die zur Sammlung der Apparate des Petersburger magnetischen Observatoriums gehören. Hierbei gab Hansteen's Nadel 71° 11′,5, v. Humboldt's Nadel mit einem Gewichte 71° 11′,2, Gambey's Nadel 71° 11′,0. Diesemnach war also die Neigung

1828	im Juni	71°	17′,3
1829	im Mai	71	14,5
—	im Dec.	71	11,5
1830	im Mai	71	11,3,

woraus eine jährliche Verminderung der Neigung von fast 3′ zu folgen scheint. Kupfer stellte im Verlauf des Jahres 1830 noch eine groſse Reihe von Messungen an, woraus die Neigung zu Petersburg mit geringen Abweichungen der einzelnen

1 Mém. de Petersb. VIme Sér. T. II. p. 15. Poggendorff's Ann. XXIII. 449.

gefundenen Gröſsen = 71° 20′ 57″ im Mittel hervorgeht, eine Bestimmung, welche von der eben angegebenen etwas verschieden seyn muſs, weil beide nicht genau an der nämlichen Stelle erhalten wurden. Kupffer setzte nachher im magnetischen Observatorium die Messungen zwischen Mittag und 3 Uhr Nachmittag vom 8. Sept. 1830 bis 2. Dec. 1831 fort. Dieser letztere Zeitraum ist zwar kurz, allein dafür sind die erhaltenen Bestimmungen desto genauer und setzen auf jeden Fall die zu nehmende Verminderung der Inclination zu Petersburg, wie im übrigen Europa auſser Zweifel, ohne jedoch über die Gröſse dieser Abnahme zuverlässige Auskunft zu geben. Nach Hansteen's Messungen beträgt sie jährlich 3′,8, nach dem Mittelwerthe der Beobachtungen von Kupffer im October 1830 und 1831 sogar 6′,9, vom Dec. beider Jahre dagegen 4′,0. Aus einer Vergleichung mit der Bestimmung durch Kraft folgt eine jährliche Abnahme von 5′,2, was der Wahrheit an nächsten zu kommen scheint.

Daſs die periodischen Veränderungen der Neigung auch schon in kürzern Zeiträumen sich zeigen, sobald nur die Beobachtungen einen hinlänglichen Grad der Genauigkeit haben, ergiebt sich deutlich aus den Messungen zu Freiberg. Dort fand zuerst Al. v. Humboldt[2] am 30sten und 31sten Juli 1828 in einer Tiefe von 260 Meter unter der Erdoberfläche in der Grube Churprinz Friedrich August im Mittel mit zwei Nadeln eines Inclinatoriums von Gambey die Neigung = 67° 35′ und an der Erdoberfläche = 67° 33′. Spätere Messungen, welche Reich an verschiedenen Tagen mit einem gleichen Apparate von dem nämlichen Künstler anstellte, gaben für 1831 die Neigung = 67° 24′,8, für 1832 = 67° 22′,4 und für 1833 = 67° 20′,14, woraus also deutlich eine periodische Abnahme hervorgeht.

Sobald einmal die Veränderung der Neigung an einzelnen Orten erwiesen ist, folgt mit einer bald zu übersehenden Nothwendigkeit, daſs ein gewisser Zusammenhang dieser Veränderungen über die ganze Erde statt finden muſs, und die genauere Auffindung des hierüber vorhandenen Gesetzes führt dann zu einer nähern Kenntniſs des tellurischen Magnetismus.

---

1 Poggendorff's Ann. XXIV. 216.
2 Ebend. XXXI. 199. Vergl. XV. 326.

Schon früher folgerte Hansteen[1], daſs die Inclination in Nordamerica zunehme, in Europa dagegen abnehme, im östlichen Asien und bei Japan aber wieder zunehme. Im Gegensatze hiervon würde also die südliche Neigung in Südamerica abnehmen, um das Cap der guten Hoffnung dagegen unveränderlich seyn, bei den Sunda-Inseln und Neuholland aber gleichfalls abnehmen. Uebereinstimmend hiermit bemerkt v. Humboldt[2], daſs die nämliche Ursache, die eine Abnahme der Inclination im nördlichen Europa bewirke, seit 50 Jahren eine bedeutende Vermehrung derselben auf dem Cap d. g. H. und zu St. Helena, auf Ascension aber eine Verminderung erzeugt habe, während sie auf Taheiti, wo die Curve ohne Neigung dem Erdäquator fast parallel läuft, unverändert geblieben sey. Die Veränderungen der Neigung stehn sonach mit dem Fortschreiten der Knoten des magnetischen und des geographischen Aequators in genauester Verbindung. Inzwischen ist es auf jeden Fall schwierig, über die Veränderungen der Neigung zu einem sichern allgemeinen Resultate zu gelangen, weil die ältern Beobachtungen insgesammt zu wenig genau sind, indem sogar die von Cook und Bayley die Neigung an einem und demselben Orte zuweilen um einen ganzen Grad verschieden angeben, ohne daſs sich ein Grund hiervon auffinden läſst, die neuern Beobachtungen aber aller bewiesenen Sorgfalt ungeachtet in einem solchen Grade fehlerhaft seyn können, daſs sie in Folge der kurzen zwischenliegenden Periode zu bedeutenden Unrichtigkeiten führen. Hansteen[3] hat indeſs auf gleiche Weise, als oben für die Veränderung der Declination bereits erwähnt worden ist, die kritisch geprüften brauchbarsten Neigungsbeobachtungen verglichen und ist dadurch zu dem Resultate gelangt, „daſs im „mittlern Theile Europa's im Jahre 1780 die jährliche Ab„nahme der Neigung zwischen 5′ und 6′ betrug und daſs sie „stufenweise bis zum Jahre 1830 auf etwa 3′ herabsank, so „daſs die Neigung sich jetzt hier einem Minimum zu nähern „scheint, welches wahrscheinlich vor dem Schlusse des ge„genwärtigen Jahrhunderts eintreten wird.“ Es beträgt nämlich

1 G. LXXI. 273.
2 Poggendorff's Ann. XVI. 326.
3 Ebend. XXI. 403.

Digitized by Google

in möglichst genäherten Werthen die jährliche Veränderung der Neigung

zu Christiania	1825 = −3′,56,	zu Göttingen	1820 = −3′,05
— London	1820 = −3,55,	— Mailand	1817 = −3,37
— Paris	1820 = −3,47,	— Florenz	1815 = −3,30
— Berlin	1820 = −3,02,	— Turin	1815 = −3,50.

Auch für andere entferntere Orte der Erde hat HANSTEEN die Veränderungen der Inclination aufgesucht und die Resultate in folgender Tabelle zusammengestellt.

Jahr	Jährliche Veränderung Ascension	Cap. d. g. H.	Otaheiti	Manilla
1760	− 6′,07	− 7′,93		
1770	− 6,65	− 6,66		− 4′,87
1780	− 7,22	− 5,39	− 2′,12	− 1,55
1790	− 7,80	− 4,11	− 1,52	+ 1,77
1800	− 8,38	− 2,81	− 0,92	+ 5,09
1810	− 8,95	− 1,57	− 0,32	+ 8,41
1820	− 9,53	− 0,30	+ 0,28	+ 11,73
1830	− 10,10	+ 0,97	+ 0,88	+ 15,05

Da es sehr interessant und belehrend ist, den Gang der Veränderungen der Isoklinen graphisch dargestellt zu überblicken, so nehme ich keinen Anstand, einen Theil der Charte, Fig.
worauf HANSTEEN die Abweichungslinien für 1780 und 1827 223.
gezeichnet hat, hier aufzunehmen, welcher zwar nur vom 15ten Grade östlicher bis zum 150sten Grade westl. Länge von Greenwich reicht, dennoch aber völlig genügt, eine Vorstellung vom Wesen der Sache zu erhalten. Man bemerkt hierauf ungefähr in 30° W. L. eine von N. nach S. laufende krumme Linie, wo die Neigungen von 1780 bis 1827 gleichgeblieben sind. An der östlichen Seite dieser Linie haben sich die Isoklinen nördlich, an der westlichen aber südlich bewegt, d. h. an jener Seite hat die nördliche Inclination abgenommen, die südliche dagegen ist gewachsen, und auf der westlichen Seite jener Linie hat das umgekehrte Verhalten statt gefunden. Zwei andere solche krumme Linien findet man im Südmeere in etwa 138 und 165 Grad westl. Länge, und überhaupt zeigt der Anblick der den verschiedenen Zeiten zugehörigen Isoklinen, welche Veränderungen der Neigung in dem Zwischenraume statt gefunden haben. HANSTEEN ist nicht

Digitized by Google

der Meinung, daſs der magnetische Aequator mit Beibehaltung seiner eigenthümlichen Krümmung sich bloſs auf dem geographischen Aequator fortschiebe, da er ihn vielmehr jetzt an der Küste Africa's unter einem weit gröſsern Winkel schneiden soll, als 1780, vielmehr hat nach seiner Ansicht jede Neigungslinie vier Puncte, zwischen denen sie eine schlangenförmige Bewegung annimmt, indem die zwischenliegenden Stücke sich abwechselnd gen Norden und gen Süden bewegen; die gröſste Bewegung nach Süden herrscht in America in etwa 58° westl. Länge und die gröſste nach Süden in etwa 24° östl. Länge in Africa und Europa. Diese geschlängelten Bewegungen der Isoklinen stehn allerdings mit der durch Hansteen nachgewiesenen Bewegung der vier Magnetpole in genauem Zusammenhange. Jede Neigungslinie hat eine doppelte Biegung gegen den Aequator, die hauptsächlich in der Nähe der Magnetpole sehr kenntlich hervorsticht, auf der nördlichen Halbkugel in Nordamerica und im Meridiane von Irkutzk, auf der südlichen im indischen Meere und etwas westlich von America, wie für die erstern hauptsächlich aus der Charte No. IV. ersichtlich ist. Wenn sich also die nördlichen Magnetpole nach Osten und die südlichen nach Westen bewegen, so müssen gleichzeitig die vier Biegungen ihre Lage in dem nämlichen Sinne ändern. Aus der Bewegung des sibirischen Poles gen Osten erhellt dann, warum die Neigung in Europa und Sibirien bis zum Meridiane von Irkutzk abnimmt, von da an aber bis Kamtschatka zunimmt; aus der Bewegung des americanischen Magnetpols gen Osten dagegen folgt, daſs die Neigungen auf der Nordwestküste America's abnehmen, in Grönland zunehmen, im atlantischen Meere zwischen America und Europa unverändert bleiben und in Europa in kurzer Zeit wieder zuzunehmen anfangen werden. Aehnliche Veränderungen auf der südlichen Halbkugel stimmen ganz mit der Erfahrung überein.

Auſser diesen Veränderungen in längern Perioden unterliegen die Inclinationen auch einer *jährlichen Variation*, jedoch ist diese schwerer bestimmbar, als die der Declination, weil die Neigung überhaupt schwerer meſsbar ist und kleine Unterschiede dabei nicht so leicht wahrgenommen werden. Indeſs überzeugte sich Kupffer[1] bei seinen erwähnten Beob-

1 Poggendorff's Ann. XXV. 219.

achtungen deutlich, daſs die Neigung vom December bis gegen Mai nicht abnahm, sondern im Gegentheil zunahm, wonach die Neigungen zu Petersburg also vier Monate hindurch wachsen und acht Monate lang kleiner werden, so daſs aus dem Unterschiede beider Gröſsen dennoch im Ganzen eine Verminderung hervorgeht. G. Fuss bestimmte bei Gelegenheit der nach China gesandten russischen Mission die Inclination zu Peking, wo dieselbe nur einmal im J. 1755 durch den Pater Amiot gemessen wurde. Aus seinen Mittheilungen, wonach er die Neigung am 30. Dec. $= 54^{\circ}\ 52',1$, im April $= 54^{\circ}\ 50',7$, im Mai $= 54^{\circ}\ 45',6$ und im Juni $= 54^{\circ}\ 48',9$ fand, folgerte Kupffer[1], daſs sich dieselbe dort vom December bis Mai vermindert, dann aber wieder vermehrt habe, und betrachtet dieses als eine nothwendige Folge der Retrogradation der Knoten des magnetischen Aequators, vermöge deren die Inclination zu Peking ebenso im Ganzen zunehmen muſs, als sie zu Petersburg abnimmt, weswegen dort die jährliche Zunahme die periodische Abnahme ebenso übertrifft, als am letztern Orte der umgekehrte Fall statt findet. An beiden Orten müssen ebendaher die monatlichen Aenderungen einander gleichfalls entgegengesetzt seyn.

Wenn es schon schwierig ist, die Neigungen der Magnetnadel überhaupt mit Genauigkeit zu messen, und man deswegen die Veränderungen der Inclination früher weniger beobachtete, als die der Declination, auch diesemnach annahm, die Neigung ändere sich überhaupt nicht oder nur unbedeutend; wenn ferner erst die neuern vollendetern Apparate es möglich machten, die monatlichen Variationen der Inclination überhaupt wahrzunehmen, so muſsten um so mehr die *täglichen Variationen* derselben den bisherigen Beobachtungen meistens entgehn. Wirklich besitzen wir auch hierüber durchaus keine Bestimmungen der Gröſse dieser Aenderungen, die an Genauigkeit mit denen der täglichen Variation der Declination verglichen werden könnten, und wir sind in diesem Stücke gegenwärtig noch nicht weiter gekommen, als bis zu Versicherungen glaubhafter Gelehrten, daſs sich eine Veränderung der Neigung an den verschiedenen Tagsstunden kenntlich mache.

---

1 Poggendorff's Ann. XXV. 221.

Digitized by Google

Barlow[1] unter andern beobachtete die Neigungsnadel anhaltend und überzeugte sich mit Bestimmtheit von einer existirenden täglichen Variation, die ihm aber nicht regelmäſsig zu seyn, sondern sich sprungweise zu ändern schien, was jedoch nicht als wahrscheinlich gelten kann. Arago[2] dagegen versichert in einem Schreiben an Al. v. Humboldt, daſs nach seinen genauen Messungen die Neigung um 9 Uhr Morgens gröſser sey, als um 6 Uhr Abends, jedoch sey diese Variation nur im Sommer so beträchtlich, daſs man sie wahrnehmen könne. Uebereinstimmend hiermit versichert auch Kupfer[3], vermittelst einer täglich beobachteten langen Nadel, die auf einer Schneide ruhte, gefunden zu haben, daſs die Neigung Vormittags um 11 Uhr um etliche Minuten gröſser sey, als Abends zu derselben Stunde; schon früher aber fand Hansteen[4] bei einem Inclinatorium von Dollond am Vormittage die Neigung um 4 bis 5 Minuten gröſser, als am Nachmittage. Ungleich gewisser dagegen, aber auch aus der Natur der Sache folgend, ist es, daſs vorübergehende Störungen, die die Magnetnadeln überhaupt afficiren, auch auf die Neigungsnadel einwirken und temporäre unregelmäſsige Oscillationen erzeugen. Dieses beobachtete schon Wilke[5], auch wurde es bestätigt durch die unregelmäſsigen Schwingungen der Neigungsnadel beim Nordlichte zu Kendal am 9. Jan., durch ihre Unruhe am 28. August zu Roxburgshire und zu St. Cloud und durch die Vergröſserung ihres Neigungswinkels am 25. Sept. 1827, jedesmal bei vorhandenem Nordlichte[6].

c. Intensität oder Stärke des tellurischen Magnetismus.

Daſs es einer gewissen Kraft bedürfe, um die horizontale Magnetnadel in die Richtung des magnetischen Meridians zu bringen und der vertical aufgehangenen ihre Neigung gegen den Horizont zu geben, bedarf keines Beweises, auch ist bereits

---

1 Phil. Trans. 1823. p. 326. Poggendorff's Ann. I. 329.
2 Poggendorff's Ann. XV. 329.
3 Phil. Magaz. 1832. Mars. Bibl. univ. 1833. Mars. p. 322.
4 G. LXVIII. 271.
5 Ebend. XXIX. 423.
6 Poggendorff's Ann. XII. 322 ff.

oben erwähnt worden, daſs Gauss die hierzu erforderliche Kraft auf ein absolutes Maſs zurückgebracht habe. In Beziehung auf die Verbreitung des Magnetismus über die Erdoberfläche kommt aber zunächst die Frage in Betrachtung, ob die Stärke desselben an allen Orten gleich sey, und im Fall einer Ungleichheit, nach welchem Gesetze diese ungleiche Intensität über die verschiedenen Grade der Länge und Breite sich vertheilt finde. Wie die Bestimmung der magnetischen Intensität an einem gegebenen Orte gefunden werde, nämlich durch pendelartige Schwingungen magnetisirter Nadeln, die ihre Richtung durch keine andere Kraft als die des Magnetismus erhalten, wuſste man unlängst aus allgemeinen mechanischen Gesetzen; auch sind bereits im vorhergehenden Abschnitte die zu Messungen dieser Art aufgefundenen Apparate und Beobachtungsmethoden beschrieben worden. Nachträglich möge also hier nur bemerkt werden, daſs Moser und Riess hohle Nadeln für diesem Zweck empfehlenswerth finden, weil ihre magnetische Kraft verhältniſsmäſsig gröſser ist, doch nehmen die Amplitüden der durchlaufenen Bogen in Folge der geringern bewegten Masse schneller ab[1].

Folgendes verdient indeſs hierbei nicht übersehn zu werden. Die zu den Intensitäts-Messungen dienenden Nadeln sind entweder Abweichungsnadeln oder Neigungsnadeln; beide können in Folge der sie richtenden magnetischen Kraft oscilliren, und es ist dann mit Hinzufügung der nöthigen Correctionen ihre verhältniſsmäſsige Intensität den Quadraten der in gleichen Zeiten vollendeten Schwingungen proportional. Allein jede dieser Nadeln kann nur in der ihr zugehörigen Ebene schwingen, folglich auch nur das Maſs der in dieser auf sie einwirkenden Kraft angeben, und es ist daher mit der Declinationsnadel bloſs die horizontale, mit der Inclinationsnadel nur die verticale magnetische Kraft meſsbar. Soll also die absolute Intensität gemessen werden, so muſs man beide mit einander verbinden. Das einfachste Verfahren besteht dann darin, daſs man die Schwingungen der horizontalen Nadel zählt und die erhaltenen Gröſsen nach den Neigungen der verglichenen Orte corrigirt, wie dieses im vorhergehenden Abschnitte ausführlich gezeigt wurde. Als Beispiel zur leichtern

1 Poggendorff's Ann. XVII. 417.

Uebersicht diese also nur Folgendes. G. A. Erman maſs die Intensität zu Berlin und Petersburg und erhielt als mittlere, wegen der Temperatur corrigirte Zeitdauer einer Oscillation

zu Berlin 3″,0990, zu Petersburg 3″,2086
— — 4″,6161, — — 4″,7852.

Hiernach ist die Intensität der horizontalen Kraft

$$\left.\begin{aligned} \text{der Magnetnadel zu Petersburg} &= \frac{(3{,}0990)^2}{(3{,}2086)^2} \\ &= \frac{(4{,}6161)^2}{(4{,}7852)^2} \end{aligned}\right\} = 0{,}932.$$

Es ist aber die Neigung zu Berlin = 68° 9′ 30″,
zu Petersburg = 71° 12′ 25″,

also ist, die Intensität zu Berlin als Einheit angenommen,

$$\text{die zu Petersburg} = 0{,}932\,\frac{\text{Sec.}\,(71^\circ\,12'\,25'')}{\text{Sec.}\,(68^\circ\;\;9'\,30'')} = 1{,}0526.$$

Hieraus geht aber hervor, daſs man zur Vergleichung der Intensität an zwei verschiedenen Orten an beiden sich der nämlichen Nadel zur Auffindung der Oscillationsmengen bedienen müsse. Sind gleich die hieraus erwachsenden Schwierigkeiten nicht so bedeutend groſs, so haben doch die meisten Gelehrten in der neuesten Zeit vorgezogen, sich für diese Messungen des durch Hansteen empfohlenen Cylinders zu bedienen, welcher mit dem zugehörigen Apparate im vorigen Abschnitte beschrieben worden ist, und um eine unmittelbare Zusammenstimmung der erhaltenen Resultate zu erreichen, lassen viele die Anschaffung der zu gebrauchenden Cylinderstäbchen entweder durch Hansteen besorgen oder durch ihn mit den von ihm gebrauchten vergleichen. Zugleich übersieht man bald, daſs sich die für einen gegebenen Ort gefundene Intensität leicht mit der eines jeden andern vergleichen lasse, sobald das Verhältniſs der Intensitäten dieses letztern und des zur Vergleichung gewählten bekannt ist. So läſst sich leicht die beispielsweise angegebene Intensität zu Petersburg ohne Schwierigkeit mit der zu Paris oder London vergleichen, wenn das Verhältniſs zwischen Berlin und den genannten Orten bekannt ist. Diejenigen Gelehrten, die sich mit Messungen der Intensität beschäftigen, pflegen daher entweder sich eines nach dem von Hansteen gebrauchten Cylinder abgeglichenen zu bedienen, um ihre erhaltenen Resultate unmittelbar an die

Digitized by Google

groſse Menge der durch diesen Gelehrten gesammelten anzuknüpfen oder die Intensität irgend eines bekannten und in dieser Hinsicht zur Norm tauglichen Orts als Einheit zum Grunde zu legen.

Wichtig ist jedoch zu bemerken, daſs bei den meisten der neuesten Bestimmungen, also auch bei den auf den hier Char. II. u. IV. beigegebenen Charten No. II. und IV. ausgedrückten, als Einheit eine Gröſse zum Grunde liegt, die als solche durch Al. v. Humboldt[1] angegeben ist. Dieser fand nämlich auf seiner für die Wissenschaften so fruchtbringenden Reise, daſs seine Nadel, deren Stärke sich nach der Rückkehr noch unverändert zeigte, zu Paris in 10 Minuten 245 Schwingungen vollendete, in einem gleichen Zeitintervalle in Peru nur 211 vollbrachte, woraus dann der wichtige Satz folgte, daſs die magnetische Kraft mit der Annäherung zum Pole zunehme. Der Beobachtungspunct in Peru liegt ungefähr in 7° südl. Br. und 88° westl. Länge von Greenwich, und weil v. Humboldt glaubte, die von ihm stets als abnehmend wahrgenommene Intensität habe hier ihr Minimum erreicht, so bezeichnete er sie durch 1. Es hat sich zwar seitdem herausgestellt, daſs sich das absolute Minimum hier noch nicht findet, man hat aber dennoch diese Bestimmung um so mehr beibehalten, weil eine Abänderung leicht unangenehme Verwirrung in die groſse Zahl der bis jetzt schon bekannten frühern Bezeichnungen bringen muſste. Nach Hansteen[2] ist die geringste Intensität wohl nicht kleiner als 0,8, die gröſste dagegen erreicht sicher 1,9 und noch wohl mehr, wonach also die äuſsersten Grenzen etwa zwischen 1 und 2,4 liegen.

Die Messungen der Intensität gehören ganz der neuesten Zeit an, denn früher herrschte im Allgemeinen die Meinung, die magnetische Kraft sey überall gleich, wofür nebenbei das unbedeutende Zeugniſs von Mallet[3] sprach, welcher 1769 zu Ponoi in Lappland eine 6 Zoll lange Nadel durch Bogen von 20 bis 24 Graden schwingen lieſs und fand, daſs die vier ersten Schwingungen 14 Secunden, also genau so viel, als in Petersburg, erforderten. Zur Entscheidung der Frage wurden

1 Journ. de Phys. T. LIX. p. 429. G. XX. 257.
2 Poggendorff's Ann. XXVIII. 582.
3 Nov. Comm. Petrop. T. XIV.

Digitized by Google

La Peyrouse's Begleiter beauftragt, unter verschiedenen Breiten, namentlich auch nahe beim Aequator, die Schwingungen der nämlichen Nadeln zu zählen und die Mengen derselben mit denen in der Nähe der Pole zu vergleichen. Wirklich geschah dieses auch durch Lamanon an verschiedenen Orten, allein die Resultate sind in dem unglücklichen Schiffbruche verloren gegangen. Im Jahre 1790 wurde D'Entrecasteux abgesandt, um La Peyrouse aufzusuchen und dessen wissenschaftliche Forschungen zu ergänzen; der ihn begleitende nachmalige Admiral De Rossel beobachtete die Schwingungsmengen zu Brest, auf Teneriffa, Amboina, Java und Van-Diemens-Land und erhielt als Resultat, daſs, die magnetische Intensität auf Amboina nahe am Aequator = 1 gesetzt, sie zu Teneriffa = 1,3, zu Brest = 1,4 und auf Van-Diemens-Land = 1,6 war, woraus also hervorging, daſs die magnetische Kraft vom Aequator nach den Polen hin zunehme. Inzwischen ist die geographische Breite von Brest gröſser als von Van-Diemens-Land (48° und 43°) und die Zunahme kann daher von der geographischen Breite nicht allein abhängen[1]. Die Bestimmung von v. Humboldt, wonach die Einheit der magnetischen Intensität als Minimum unter 7° südl. Br. in Peru seyn sollte, ist bereits erwähnt worden; sie war hiernach in Mexico = 1,32 und in Paris = 1,35.

Es ist kaum möglich, alle die vielen Messungen namhaft zu machen, die angestellt wurden, nachdem einmal der Impuls zu diesen Untersuchungen durch den berühmten Reisenden A. v. Humboldt gegeben war, und insbesondere seitdem Hansteen nicht bloſs diesen Zweig der Wissenschaften ungemein gefördert, sondern auch die zweckmäſsigsten Apparate und angemessensten Beobachtungsmethoden angegeben hatte; es wird vielmehr genügen, nur die wesentlichsten Bemühungen kurz anzudeuten.

Auf der ersten Reise des Capitain Ross stellte Sabine eine Menge Intensitätsbeobachtungen zwischen London und der Baffins-Bay an, deren Resultate jedoch mit den früher bekannt gewordenen nicht verglichen werden konnten, bis Hansteen im Jahre 1819 nach einander Messungen zu Paris und London anstellte, wodurch es möglich wurde, Sabine's

1 Hansteen in Poggendorff's Ann. XXVIII. 473.

Digitized by Google

und v. Humboldt's Beobachtungen zu verbinden, und hieraus ging die gesammte Menge von Intensitäts-Bestimmungen hervor, die Hansteen über eine Länderstrecke von Lima unter 10° südl. Br. bis in die Baffins-Bay unter 77° nördl. Br. reichend zusammengestellt hat[1]. Auf Parry's späterer Reise in das Polarmeer und auf Franklin's mühevoller Landreise wurden gleichfalls eine Menge Beobachtungen angestellt, allein Hansteen erklärt die Resultate für gänzlich verloren, weil die Nadeln nicht vorher und nachher zu London verglichen waren, auch einen bedeutenden Theil ihrer Kraft unterwegs eingebüſst hatten. Von groſsem Werthe dagegen sind die sehr zahlreichen Intensitätsmessungen von Sabine, theils auf der erwähnten Reise von Ross, theils auf der nachfolgenden von Parry nach der Insel Melville, insbesondere aber auf seiner eigenen zur Bestimmung der absoluten Pendellängen[2]. Einen Theil ihres groſsen Werthes verlieren die erhaltenen Resultate jedoch dadurch, daſs die ungleiche Temperatur bei den Messungen nicht berücksichtigt ist. Auſserdem nimmt Sabine an, daſs der Aequator und der Pol der Intensität mit denjenigen Puncten auf der Erdoberfläche zusammenfallen, wo die Neigung = 0 oder = 90° ist, was man keineswegs als ausgemacht betrachten darf und was beim Anblick der isoklinischen und isodynamischen Linien sich als unzulässig zeigt. Mit jener Voraussetzung übereinstimmend nimmt Sabine nur einen Magnetpol auf der Nordhälfte der Erde an, den er in 60° nördl. Br. und 80° (oder genauer 78°) westl. L. von Greenwich setzt. Hansteen hat die erhaltenen Resultate für die veränderliche Stärke der gebrauchten Nadeln corrigirt und neben andern von Keilhau, Boeck, Erman und ihm selbst in einer Tabelle zusammengestellt[3].

Hauptsächlich hat G. A. Erman[4] auf seiner Reise durch Sibirien und nachher durch das Südmeer um das Cap Horn bis Europa zurück die Kenntniſs der Intensität des tellurischen

---

1 Poggendorff's Ann. IX. 226. XIV. 376. XXVIII. 476.

2 Ausführlich zusammengestellt findet man sie in An Account of Experiments to determine the figure of the Earth cet. Lond. 1825. 4. p. 460.

3 Astron. Nachricht. 1828. No. 146. Poggendorff's Ann. XIV. 376.

4 Poggendorff's Ann. XVI. 141. XVII. 328. XXI. 140.

Magnetismus erweitert. Das gröſste Verdienst um dieses wissenschaftliche Problem hat sich jedoch HANSTEEN theils durch seine eigenen Messungen, namentlich in Sibirien, theils dadurch erworben, daſs der von ihm angegebene schwingende Cylinder in die Hände vieler Gelehrten kam, welche auf ihren kürzern oder längern Reisen genaue Messungen damit anstellten und durch Mittheilung ihrer erhaltenen Resultate ihn in den Stand setzten, das magnetische Intensitätssystem der ganzen Erde übersichtlich darzustellen. Dahin gehört unter andern der Capitain KING, welcher zur Untersuchung der Küsten Südamerica's von Rio Janeiro bis Valparaiso ausgesandt war und von 1826 bis 1830 eine Menge genauer Messungen anstellte, die er dem schwedischen Gelehrten mittheilte. Hierzu kamen auch diejenigen, welche ebenderselbe vom russischen Weltumsegler LÜTKE erhielt, die derselbe in den Jahren 1826 bis 1829 von der Behringsstraſse und Kamtschatka an durch das ganze Südmeer nach den Philippinen und dem Feuerlande angestellt hatte. Einen nützlichen Beitrag lieferte ferner der russische Akademiker A. T. KUPFER von der Expedition, die er im Jahre 1829 mit einigen andern Gelehrten zur Untersuchungen des Caucasus anstellte und welche als Hauptpuncte Petersburg, Moscau, Nicolajef, Taganrog und Stavropol enthalten. Einen mit dem Hansteen'schen genau verglichenen Cylinder erhielt ferner OERSTED[1] und benutzte ihn auf seiner Reise durch Deutschland, Frankreich und England zur Erhaltung einer groſsen Menge von Intensitätsbestimmungen, namentlich zu Berlin, Paris und London, unter Mitwirkung von P. ERMAN, ARAGO und KATER, so wie auch an andern Orten Groſsbritanniens, einen andern der Capitain-Lieutenant O. W. ERIKSEN für Messungen auf der skandinavischen Halbinsel. Auch BOECK, ABEL und KEILHAU müssen als solche erwähnt werden, welche die Kenntniſs der magnetischen Intensität durch ihre Messungen mit solchen verglichenen Cylindern in Deutschland, Tyrol und der Schweiz, Letzterer auf einer Reise nach Spitzbergen, vermehrten. SCHOUW hat zahlreiche Intensitätsbeobachtungen auf seinen Reisen, namentlich in Deutschland und Italien, angestellt, nicht minder

---

1 Poggendorff's Ann. III. 361. VI. 321.

Quetelet in Deutschland und Belgien[1] und nachher in Italien[2], wobei die Intensität zu Paris als Einheit zum Grunde liegt. Endlich verglich auch Rudberg[3] die Intensitäten zu Paris, Brüssel, Göttingen, Berlin und Stockholm und fand ihr Verhältniſs = 1,0000; 1,0205; 1,0010; 0,9982; 1,0340, wobei merkwürdig ist, daſs die nach Norden zunehmende Intensität in Berlin hiervon eine Ausnahme leidet. In Göttingen findet dieses zwar gleichfalls statt, allein dort ist vielleicht die Neigung nicht genau bestimmt, welches dann diese Anomalie veranlassen könnte.

Auch für die Intensitäten ist es bei weitem am zweckmäſsigsten, diejenigen Orte der Erde, wo eine gleiche Stärke der magnetischen Kraft vorhanden ist, durch Linien mit einander zu verbinden. Dieses ist mehrmals durch Hansteen für die jederzeit bekannten Messungen geschehn, welcher die hierdurch gegebenen Curven sachgemäſs mit dem Namen der *isodynamischen* Linien bezeichnet hat. Die vollständigsten bis jetzt bekannt gewordenen Charten desselben sind auf den beiden Char.
Charten der Inclination No. II. und No. IV. copirt, wo zur II. u.
Unterscheidung der isodynamischen Linien von den isoklini- IV.
schen die erstern ausgezogen oder durch fortlaufende Strichelchen bezeichnet, letztere aber punctirt sind. Da durch den Anblick dieser Curven und die beigeschriebenen Zahlen, bei denen die oben angegebene Einheit der Intensität nach v. Humboldt zum Grunde liegt, das magnetische Intensitätssystem der Erde deutlich dargestellt ist, so bedarf es keiner weitern Beschreibung und es wird genügen, nur einige wenige Bemerkungen beizufügen, die gleichfalls gröſstentheils aus Hansteen's Abhandlung über diesen Gegenstand entnommen sind[4].

Die magnetische Intensität nimmt zwar vom Aequator an nach beiden Polen hin zu, allein die isodynamischen Linien laufen weder mit dem astronomischen noch dem magnetischen Aequator parallel, sondern bilden Curven eigenthümlicher Art.

---

1 Mém. de l'Acad. Roy. de Brux. T. VI.

2 Poggendorff's Ann. XXI. 153.

3 Ebend. XXVII. 5.

4 Ebend. XXVIII. 473. und 578. Vergl. Schumacher astronom. Nachrichten. Th. IX. Altona 1831. 4.

Digitized by Google

Schon Al. v. Humboldt[1] machte die Bemerkung, daſs zu Havannah in der westlichen Hemisphäre unter 23° 8′ nördl. Br. die magnetische Intensität gröſser war, als zu Paris unter 48° 50′ nördl. Br., und auch Sabine gewahrte die rasche Zunahme der Intensität im mittäglichen America. Im Allgemeinen ist die magnetische Intensität in der Gegend des magnetischen Aequators am kleinsten und wächst nach beiden Seiten gegen die Pole hin. Die isodynamischen Linien durch diejenigen Puncte, wo die Intensität gröſser ist als im Minimum, müssen daher zweimal, nämlich zu beiden Seiten der Linie für die geringste magnetische Kraft vorkommen, und diese, die einer gröſsern Intensität zugehören, zeigen unverkennbar die Anwesenheit zweier magnetischer Pole; in Beziehung auf die Intensität bleibt aber nach Erman[2] die Wirkung des asiatischen Pols weniger zurück, als in Beziehung auf die Abweichung. In America, wo die Intensität unter gleichen Breiten weit gröſser ist, als in Europa, laufen die isodynamischen Linien dem Aequator fast parallel, steigen im atlantischen Meere nach Nordost und nähern sich in Europa wieder dem Parallelismus, wonach man vermuthen muſste, daſs sie in Ruſsland wieder südlich herabgehn und den zweiten Pol umschlingen würden, wie Hansteen's Messungen in Sibirien vollkommen bestätigt haben, worauf dann wiederum der Beweis beruht, daſs es auf der nördlichen Halbkugel zwei magnetische Mittelpuncte oder Pole giebt und daſs der westliche in Nordamerica eine gröſsere Intensität besitzt, als der östliche in Sibirien. Am deutlichsten ersieht man dieses aus der Polarcharte No. IV., wo die Isoklinen in sich zurücklaufende Curven bilden.

Auf der südlichen Halbkugel sind bis jetzt nur wenige Intensitätsbeobachtungen, insbesondere untern höhern Breiten, angestellt worden, indeſs folgt aus den Messungen von King und Lütke an den Küsten Südamerica's, von De Rossel auf Van-Diemens-Land und von Erman an verschiedenen Puncten, daſs es auch auf der Südhälfte der Erde zwei Maxima der Intensität an denjenigen zwei Stellen giebt, wo die Abweichung und Neigung das Vorhandenseyn von zwei magnetischen

1 Poggendorff's Ann. XV. 354.

2 Ebend. XXI. 140.

Polen angedeutet haben. Offenbar stehn also alle drei Aeuſserungen des tellurischen Magnetismus mit einander in einem engen Zusammenhange. Eine der auffallendsten Curven ist diejenige, welche auf der südlichen Halbkugel der relativen Intensität = 0,9 zugehört, die in sich selbst zurückläuft und in ihrer gröſsten Erweiterung die Südküste Africa's umschlieſst. Schwerlich ist auf dieser die magnetische Intensität in ihrem absoluten Minimum, vielmehr muſs dort noch eine geringere Intensität vorhanden seyn, die wahrscheinlich bis 0,8 oder sogar, wie G. A. Erman für möglich hält, bis 0,7 herabgeht. Hiermit zusammenhängend ist die Bemerkung, daſs der nördlichen Halbkugel überhaupt eine gröſsere Intensität zugehört, als der südlichen. Nach Hansteen ist die gröſste Intensität diejenige, die bis zum 40sten Grade nördl. Br. bei New-York herabsteigt und 1,8 beträgt, statt daſs sie unter einem gleichen Grade südlicher Breite bei Neuholland nur 1,6 erreicht; allein es ist fraglich, ob beide Curven nicht noch eine Linie oder einen Punct von gröſserer Intensität einschlieſsen, wobei jedoch immer die der nördlichen Halbkugel die gröſste seyn würde.

Auch rücksichtlich der Intensität muſs sich wohl von selbst die Frage aufdringen, ob auch diese einer periodischen Aenderung unterworfen sey; allein da die Intensität des Magnetismus und die Methoden, sie genauer zu messen, erst seit Al. v. Humboldt bekannt geworden sind, auſserdem aber die Aenderung an sich nicht bedeutend seyn kann, so muſs es noch zur Zeit an hinlänglich weit auseinander liegenden Messungen fehlen, um über diese Frage genügend zu entscheiden, und vielleicht würden gar keine Mittel zu ihrer Beantwortung vorhanden seyn, wenn nicht Hansteen auch diese Aufgabe sogleich beim Beginnen zweckmäſsig aufgefaſst hätte. Dieser entscheidet aus theoretischen Gründen[1], daſs auch die Intensität sich in längern Perioden ändern müsse, weil die magnetischen Pole ihre Lage ändern, indem der nordamericanische sich Europa nähert, der sibirische sich davon entfernt. Bezeichnen ferner T, F und i die an einem und T′, F′ und i′ die an einem andern Orte gleichzeitig oder die zu verschiedenen Zeiten an dem nämlichen Orte gemessenen Schwingungszeiten, Intensitäten und Neigungen, so ist

1 Poggendorff's Ann. VI. 323.

$$F \cdot T^2 \cdot \text{Cos.}\, i = F' \cdot T'^2 \cdot \text{Cos.}\, i',$$

mithin

$$\frac{F}{F'} = \frac{T^2 \cdot \text{Cos.}\, i}{T'^2 \cdot \text{Cos.}\, i'}.$$

Ueber die ganze Erde ist also für den nämlichen, zum Meſsen der Intensität bestimmten Cylinder $F \cdot T^2 \cdot \text{Cos.}\, i = C$ eine constante Gröſse, worin sich nothwendig F oder T ändern muſs, wenn sich i ändert. Wird hierauf sogleich für Christiania eine Bestimmung gegründet, so ist daselbst für 300 Schwingungen der Nadel T = 814″,76, und wenn dann i = 72° 42′,6 für 1820 und i′ = 72° 26′,4 für 1825 gesetzt wird, so ergiebt sich, die Intensität zu Peru als Einheit angenommen, für 1820 F = 1,4306 und für 1825 F′ = 1,4093, also eine jährliche Aenderung von 0,0042. Eine Vergleichung dieses Resultats mit den an andern Orten erhaltenen zeigte eine genügende Uebereinstimmung. Die Zahlengröſsen aus den zu Paris in den Jahren 1819 und 1823 durch Hansteen und Arago, zu London durch Hansteen und Kater in denselben Jahren und zu Berlin durch v. Humboldt und P. Erman in den Jahren 1805 und 1823 angestellten Messungen gaben zwar keine absolut genauen, zur Prüfung der Theorie genügenden Resultate, berechtigten jedoch zu der Folgerung, daſs die Intensität in Europa jetzt abnimmt, und zwar stärker an den nördlich gelegenen Orten, welche dem Magnetpole näher liegen, als an den südlichern. Hansteen[1] hat später eine vollkommen genügende Bestimmung hierüber erhalten. Er fand nämlich im Jahre 1820 die für 300 Schwingungen erforderliche, auf die mittlere Temperatur corrigirte Zeit = 814″,5 und im Jahre 1830 aus 6 Messungen Vormittags und Nachmittags im Mittel und auf die nämliche Temperatur reducirt für eine gleiche Anzahl Schwingungen 816″,52. Es war aber die Inclination im erstern Jahre = 72° 42′,6, im letztern = 72° 7′,0. Setzt man also

für 1820 T = 814″,50; i = 72° 42′,6,
für 1830 T′ = 816″,52; i′ = 72° 7′,0,

so findet man

$$\frac{F}{F'} = 0{,}96305 \text{ oder } \frac{F - F'}{F} = 0{,}03695,$$

1 Poggendorff's Ann. XXVIII. 429.

also, wenn die Intensität F für 1820 = 1 angenommen wird, so ist die Abnahme in 10 Jahren = 0,03695 oder jährlich = 0,003695. In Gemäſsheit der Bewegung der Magnetpole[1] muſs die Intensität in ganz Europa und dem nördlichen Asien bis zum Meridiane von Irkutzk abnehmen, zwischen dem letztern Orte und Kamtschatka zunehmen, an der Westküste von Nordamerica dagegen abnehmen, in Grönland und Island wieder zunehmen, nach Wahrscheinlichkeitsgründen wird sie aber in Europa bald wieder zuzunehmen anfangen. Im Gegensatze hiervon muſs sie auf der südlichen Halbkugel bei Van-Diemens-Land abnehmen, auf Isle de France zunehmen, auf dem Feuerlande abnehmen und auf Otaheiti zunehmen. Künftige Messungen werden zeigen, inwiefern die Erfahrung dieses bestätigt.

Das Vorhandenseyn periodischer Schwankungen der magnetischen Intensität in den verschiedenen Jahreszeiten ist durch mehrere Gelehrte so weit aufgefunden worden, daſs über die Richtigkeit der Thatsachen wohl kein Zweifel obwalten kann. Zwar ergaben die Beobachtungen von Forster[2] zu Port Bowen während fünf Monaten keine bedeutenden Aenderungen, Hansteen[3] dagegen folgert aus vielen seiner Messungen in den Jahren 1819 und 1820, daſs die Intensität im Winter bei der Sonnennähe stärker ist, als im Sommer, und zwar um eine Differenz, welche 0,0359 beträgt; auch soll die Nadel einige Schwächung erleiden, wenn der Mond durch den Aequator geht. Spätere, bis zum Jahre 1826 ebenfalls zu Christiania fortgesetzte Beobachtungen ergaben ferner, daſs die Intensität zur Zeit des Maximums im Winter gröſsern Irregularitäten unterworfen ist, als zur Zeit des Minimums im Sommer, und daſs selbst die Differenzen zwischen dem Maximum und Minimum veränderlich seyn müssen, indem sie seit 1819 ziemlich regelmäſsig abgenommen zu haben schienen. Nach den Resultaten, welche Kupfer[4] in den Jahren 1825 und 1826

---

1 Hansteen sagt, seiner Theorie gemäſs, der *Magnetaxen*, allein es ist nicht nothwendig, aus dieser Ursache Magnetaxen anzunehmen.

2 New Edinb. Phil. Journ. No. IV. p. 347. Poggendorff's Ann. X. 570. Wiener Zeitschr. Th. III. S. 82.

3 G. LXVIII. 268. Vergl. LXX. 181.

4 Poggend. Ann. X. 545. Vergl. IX. 161.

Digitized by Google

zu Kasan erhielt, erlangt die mittlere Dauer der horizontalen Schwingungen einer Magnetnadel ihr Maximum im September oder October, ihr Minimum im Februar, die täglichen Variationen dieser Dauer sind aber im Sommer gröſser, als im Winter, die mittlere Dauer endlich scheint sich in Kasan nicht zu ändern, was mit Hansteen's Beobachtungen und dessen Theorie ziemlich genau übereinstimmt. Dove und Riess stellten im Jahre 1830 drei Monate hindurch Beobachtungen an, um den Zusammenhang zwischen den Aenderungen der Declinationen und Intensitäten unter einander zu vergleichen, wobei sie fanden, daſs beide unverkennbar zusammengehören, und zwar fallen in der Regel die Vergröſserungen beider zusammen, in einigen auffallenden Beispielen aber fand das Gegentheil statt, indem sich die Intensitätsänderungen sehr bedeutend an Tagen zeigten, an denen die Aenderung der Declination sehr gering war[1].

Durch den regen Eifer der Gelehrten ist, der Neuheit des Gegenstandes ungeachtet, doch schon entschieden, daſs auch die magnetische Intensität, ebenso wie die Abweichung und Neigung, täglichen Perioden, wenn gleich mit geringen Differenzen, unterworfen sey. Hansteen[2] ging auch in diesen Versuchen voran. Aus den genau beobachteten Schwingungen seines Magnetstäbchens in den Jahren 1819 und 1820 folgert derselbe, daſs das Minimum der Intensität zwischen 10 und 11 Uhr Vormittags, das Maximum aber zwischen 4 und 5 Uhr Nachmittags fällt. Nach den neuesten Beobachtungen von Kupffer[3] ist die Intensität der Magnetnadel am Abend gröſser als am Morgen, statt daſs die Inclination ein umgekehrtes Verhalten zeigt. Am vollständigsten ist diese Frage durch Moser und Riess beantwortet worden. Diese[4] beschränkten ihre Untersuchungen auf die Zeitdauer der Schwingungen horizontaler Nadeln und fanden aus sorgfältig angestellten und genau corrigirten stündlichen Beobachtungen am 4. und 5. Mai, daſs die Intensität von ihrem Maximum, welches um 7 Uhr 55 Min. Abends statt findet, schnell abfällt und schon um 3 Uhr Mor-

1 Poggendorff's Ann. XX. 542.
2 G. LXVIII. 268. LXX. 181.
3 Phil. Magaz. Mars 1632. Bibl. univ. 1832. p. 322.
4 Poggend. Ann. XIX. 161.

Digitized by Google

gens dem Minimum nahe kommt, welches um 9 Uhr Morgens erreicht wird, von wo aus sie allmälig wieder zum Maximum steigt. Eine zweite Beobachtungsreihe im Mai und Juni zeigte im Juni eine Schwächung der Intensität mit Verringerung der täglichen Variation. Das mittlere Intensitäts-Verhältniſs war 1,00426 : 1,00321.

Daſs auch temporäre und örtliche Störungen der magnetischen Intensität vorhanden seyn können, läſst sich wohl im voraus vermuthen, inzwischen ist die Menge der hierüber vorhandenen Thatsachen keineswegs groſs, wie aus der Neuheit der Sache und aus der Schwierigkeit folgt, bei wahrgenommenen Störungen der Declination sogleich auch die Inclinationsnadel zu beobachten und gleichzeitig die Schwingungen der zur Messung der Intensität dienenden Cylinder zu zählen. Vor allen Dingen war wohl ein störender Einfluſs der Nordlichter zu erwarten, welchen auch Hansteen[1] wahrgenommen zu haben angiebt. Kupffer[2] dagegen fand keine Aenderung der mittlern Dauer einer horizontalen Schwingung, wenn die Nadel in Folge vorübergehender Störungen, namentlich durch Nordlichter, sich von ihrer Richtung entfernt hatte, ausgenommen in dem Augenblicke, wenn die Ausweichung sehr groſs war, und zwar wurde die Dauer einer Schwingung gröſser, als die Nordspitze der Nadel sich nach Osten begab, und kleiner, als sie nach Westen abgelenkt wurde.

Auch örtliche Ursachen wirken auf die Intensität der magnetischen Kraft, wenigstens folgerte v. Humboldt[3] dieses aus dem Umstande, daſs die Schwingungsmengen seiner Nadel auf den Alpen gröſser war, als zu Paris, und etwas Aehnliches zeigte sich auch in den Pyrenäen. Dagegen erhielt er auf dem Gipfel des Berges auf Guadaloupe in 338 T. Höhe zwei Schwingungen weniger, als in der Ebene; auf der Silla de Caracas in 1316 T. Höhe stieg diese Verminderung auf 5 Schwingungen, auf dem Vulcane Antisana in 2467 T. Höhe aber betrug die Anzahl der Schwingungen während 10 Minuten 230 und zu Quito dagegen nur 218, so daſs also der Vulcan anziehend auf die Nadel wirken muſste. Ueberein-

1 G. LXVIII. 271.
2 Poggend. Ann. IX. 161.
3 G. XX. 267.

Digitized by Google

stimmend hiermit gewahrte auch Quetelet[1] einigen Einfluſs der Alpenkette auf die Schwingungen seiner Nadel; die durch den Vesuv verursachten Anomalieen leitet er aber von der Einwirkung des Eisens in den Lavamassen ab. Nach den bis jetzt bestehenden Ansichten müſsten die auf Bergen wahrgenommenen Intensitätsveränderungen der Beschaffenheit der dort vorhandenen Felsmassen beigelegt werden, da man in Folge der durch Biot und Gay-Lussac erhaltenen Resultate annimmt, daſs die magnetische Kraft in meſsbaren Höhen über der Erdoberfläche keine merkliche Veränderung erleide. Bekanntlich fanden nämlich diese Gelehrte bei ihrem aërostatischen Auffluge, daſs die mitgenommene Magnetnadel in einer Höhe von 3532 T. gleiche Stärke als an der Oberfläche der Erde zeigte, die hiermit nicht übereinstimmenden Resultate des Akademikers Sacharow in minder beträchtlicher Höhe schrieb man demnach einer Unvollkommenheit seiner Beobachtungen zu[2]. Neuerdings ist jedoch diese bisher gültige Voraussetzung durch entscheidende Versuche wankend geworden. Kupffer[3] fand nämlich bei seinen bereits erwähnten Untersuchungen im Caucasus auf der Spitze des 15400 Fuſs hohen Elbrus eine merkliche Verminderung der magnetischen Kraft, die nach genauen Messungen mit einer zur Beobachtung der täglichen Variationen dienenden Nadel von Gambey für 24 Secunden Schwingungszeit 0,01 Sec. für jede 1000 Fuſs Erhebung betrug. Ist es schon an sich wahrscheinlich, daſs auch die magnetische Kraft mit der Höhe abnimmt, so entscheidet für die Richtigkeit des durch Kupffer erhaltenen Resultates insbesondere auch der Umstand, daſs die Temperaturen an der Erdoberfläche und in der bedeutenden Höhe, wo die Messungen von den französischen Gelehrten angestellt wurden, wegen ihrer groſsen Ungleichheit nothwendig einen Unterschied der Schwingungszeiten bewirken muſsten und zwar eine solche, die eine Vermehrung der Intensität angezeigt haben würde. Indem diese aber nicht wahrgenommen wurde, so liegt eben hierin ein Beweis, daſs der Einfluſs der Temperatur durch die Abnahme der Intensität compensirt wurde. Die

1 Poggend. Ann. XXI. 156.
2 G. XX. 11. 120.
3 Ann. Chim. et Phys. T. XLII. p. 105. Schweigg. LVII. 79.

Digitized by Google

durch Kupffer gemachte Entdeckung iſt alſo auf jeden Fall eine ſchätzbare Erweiterung der Wiſſenſchaft.

Endlich findet L. A. Necker[1] ſogar eine Uebereinſtimmung zwiſchen den Krümmungen der iſodynamiſchen Linien mit der Configuration der Länder und mit ihrer geologiſchen Beſchaffenheit, wie er durch eine Menge von Thatſachen zu begründen ſucht. Es wäre dieſes allerdings für die Theorie des Magnetiſmus ein höchſt wichtiger Satz, wenn er ſich genügend beweiſen lieſse, und es dürfte allerdings der Mühe werth ſeyn, dieſe neue Bahn der Forſchungen weiter zu verfolgen; vor der Hand iſt jedoch die Sache zur Entſcheidung noch nicht reif, und es werden überhaupt noch mehrere Decennien hindurch fortgeſetzte angeſtrengte Bemühungen der Gelehrten erfordert werden, bevor wir hoffen dürfen, eine völlig befriedigende Theorie des Magnetiſmus zu beſitzen.

H.

XVIII. Animaliſcher oder thieriſcher Magnetiſmus.

Ueber dieſen Gegenſtand iſt früher[2] ein eigner Artikel verſprochen worden; weil aber ſeitdem das Intereſſe des Publicums für dieſen Gegenſtand immer mehr abgenommen hat und auch bei den Aerzten dieſes früher ſehr beliebte Heilmittel ſo gänzlich aus der Mode gekommen iſt, daſs es überall kaum mehr in Anwendung gebracht wird, ſo dürfte es ſchwerlich mehr der Mühe werth ſeyn, ſelbſt nur eine ausführliche geſchichtliche Ueberſicht mitzutheilen, und es mögen daher einige allgemeine hiſtoriſche Thatſachen zur dereinſtigen Erinnerung an eine Sache genügen, die bereits in kurzer Zeit ſo tief von der Höhe der ihr bewieſenen Aufmerkſamkeit herabgeſunken iſt, daſs ſie dereinſt vielleicht gänzlich in Vergeſſenheit geräth.

Die Idee von dem Vorhandenſeyn einer ſelbſtſtändigen Kraft, animaliſcher oder thieriſcher Magnetiſmus genannt, welche ſonach rückſichtlich des Theoretiſchen in das Gebiet der Phyſik gehörte, deren Anwendung und ſonach mittelbar auch

1 Bibl. univ. T. XLIII. p. 166.
2 S. *Kraft.* Bd. V. S. 1019.

Digitized by Google

Erforschung sich jedoch die Aerzte ausschlieſslich anmaſsten, ging zwar ursprünglich von dem Glauben aus, daſs der mineralische Magnetismus rein oder modificirt physiologischen Einfluſs auf den thierischen Körper habe, sehr bald aber schob man eine gewisse geheime Kraft unter, die mit der Fähigkeit des Wasser- und Metallſühlens und derjenigen in Verbindung stehen sollte, die den Gebrauch der Wünschelruthe bedingt, wovon im Art. *Kraſt* gehandelt worden ist. Anton Mesmer, ein geborner Schweizer, begann seit dem Jahre 1773 zu Wien gewöhnliche Magnete zu Heilungen verschiedener Art in Anwendung zu bringen, glaubte aber bald zu entdecken, daſs die hierbei wirksame Kraft nicht ausschlieſslich dem magnetisirten Stahle oder auch dem unmagnetisirten inhärire, sondern gleichfalls in andern Körpern, namentlich Metallen und vorzugsweise im menschlichen Körper selbst, hervorgerufen werde. Wie alle Wunderdoctoren fand auch Mesmer in der Geneigtheit der groſsen Menge zum Aberglauben einen groſsen Vorschub, seine auſserordentlichen, groſsentheils unnatürlichen und selbst widernatürlichen Curen fanden gläubige Anhänger, im Ganzen aber widersetzte sich ihm der gesunde Verstand des Wiener Publicums und er fand es angemessen, den Schauplatz seiner neuen Heilart nach Paris zu verlegen. Hier erregte die in einem eignen Salon ausgeübte neue Curart so groſses Aufsehn, daſs der König im J. 1784 das einzig zur bestimmten Entscheidung geeignete Mittel ergriff, indem er eine aus Aerzten und Naturforschern zusammengesetzte Commission zur gründlichen Untersuchung der Sache ernannte. Diese bestand aus den Aerzten Sallin, Darcet, Guillotin, Majault, sämmtlich Mitgliedern der medicinischen Facultät, und aus den Naturforschern Franklin, Leroy, Bailly, de Borg und Lavoisier, Mitgliedern der Akademie. Diese Commission unterrichtete sich zuerst über die Theorie des angenommenen Agens aus Mesmer's Schrift und demnächst durch den Augenschein über die Art und die Wirkungen der neuen Heilmethode. Ihr Bericht[1] enthielt hierbei folgende Beschreibung: In einem groſsen Saale saſsen Personen verschiedenen Alters und Standes, ungefähr zu zwei Drittheilen weiblichen Geschlechts, um eine hölzerne Badewanne, aus welcher gekrümmte, bewegliche

1 Von Montegre in Journ. de Paris 1812. G. XLII. 415.

Digitized by Google

Stangen von Guſseiſen hervorragten, mit deren äuſserſten Enden die Patienten die leidenden Theile in Berührung brachten. Die ſämmtlichen Patienten waren durch einen Strick verbunden, den man um den Leib jedes Einzelnen geſchlungen hatte, auch ſetzten ſie ſich zu Zeiten in nähere Verbindung dadurch, daſs ſie die Daumen in einander hakten. Mesmer hielt in der Hand einen Eiſenſtab und berührte damit diejenigen Theile des Patienten, die vorzüglich erregt werden ſollten, im Allgemeinen aber diente eine ſanfte Vocal- und Inſtrumentalmuſik zur Erhöhung der Wirkungen. Auſserdem legten Magnetiſeurs den Patienten die Hände in die Seiten und auf den Unterleib, drückten ſie ſanft mit den Fingern und unterhielten dieſe Berührungen zuweilen länger als eine Stunde. Nach kürzerer oder längerer Zeit traten dann die ſogenannten Kriſen ein, indem einige der Magnetiſirten in geringere oder ſtärkere, zuweilen auſserordentlich ſtarke und langdauernde Convulſionen fielen, einige einen Anfall von Huſten bekamen, der ſich bei manchen bis zum Bluthuſten ſteigerte und einige convulſiviſch ſchrieen, lachten oder weinten; nur wenige blieben von der Kriſe gänzlich frei.

Nach Mesmer ſollte dieſe magnetiſche Wirkung von den Geſtirnen ausgehn und auf einer den Sinnen nicht wahrnehmbaren Potenz beruhn, die ſich bloſs in ihrem Einfluſs auf den menſchlichen Körper äuſsere, was jedoch die Commiſſion für eine miſsliche Probe erklärte, da man nicht allezeit mit Sicherheit auszumitteln vermag, ob das angewandte Heilmittel oder eine ſonſtige Urſache die Krankheit entfernt, und auſserdem die pſychiſchen Einflüſſe von den phyſiſchen nicht wohl unterſcheidbar ſind, weswegen ſie zuvor eine untrüglichere Probe anzuſtellen für räthlich erachtete. Die Mitglieder entſchloſſen ſich daher, den Verſuch an ſich ſelbſt anzuſtellen, wohl wiſſend, wie leicht auch der Beſonnenſte getäuſcht wird, wenn er mit Beſtimmtheit etwas erwartet. Sie erhielten daher ein eignes Zimmer, ein eignes magnetiſches Bad und lieſsen ſich wöchentlich einmal nach dem angegebenen Verfahren 2½ Stunden lang magnetiſiren, ohne daſs ſich jedoch auch nur bei einem einzigen die mindeſte Wirkung zeigte, auch bei denen nicht, die zufällig etwas unwohl waren. Sie verſuchten darauf die magnetiſche Cur drei Tage nach einander, aber gleichfalls ohne Erfolg.

Digitized by Google

Um die Heilart bei eigentlichen Kranken zu versuchen, wählten sie hieraus 14 Patienten verschiedener Art nach Alter, Stand und Geschlecht. Von diesen empfanden neun Personen gar keine Wirkung, zwei hatten einige, aber so schnell vorübergehende und wenig hervorstechende Empfindungen, daſs es ungewiſs blieb, ob sie dem angewandten Magnetismus beizulegen seyen; bei drei Individuen endlich zeigten sich auffallende Phänomene, doch glaubten die Commissarien die erzeugten Wirkungen bei diesen, zur geringen Volksclasse gehörigen, durch die zahlreichen Beobachter und die ungewöhnliche Behandlungsart aufgeregten Personen, unter denen sich vorzüglich ein von Krämpfen sehr geplagtes junges Mädchen befand, nicht vom Magnetismus, sondern vom Einflusse der äuſsern Umstände ableiten zu müssen. Den überzeugendsten Beweis, wie sehr hierbei die Einbildungskraft[1] im Spiele sey, erhielten die Commissarien dadurch, daſs sie mehrern solchen Individuen, die sich sehr empfindlich für den animalischen Magnetismus gezeigt hatten, die Augen verbanden und sie dann der magnetischen Behandlung wirklich oder scheinbar unterwarfen. Wenn sie glaubten, daſs sie magnetisirt würden, so zeigte sich sofort die Krise, wie gewöhnlich, obgleich nichts mit ihnen vorgenommen worden war, dagegen blieb jede Wirkung aus, wenn man sie glauben machte, das Magnetisiren sey unterbrochen, so sehr sich auch die geübtesten Magnetiseurs abmühten, die Krise hervorzurufen. Diese Versuche wurden vielfach abgeändert, gaben jedoch stets das nämliche Resultat. Da nach Mesmer der Magnetismus auch auf leblose Körper übergehn sollte, so lieſs die Commission in Franklin's Garten zu Passy durch Mesmer's berühmtesten Anhänger einen Baum magnetisiren, dann einen jungen Menschen, welcher für den Magnetismus sehr empfindlich war und den er für diesen Zweck selbst mitgebracht hatte, mit verbundenen Augen zu vier von dem magnetisirten weit abstehenden Bäumen bringen; beim vierten verfiel er in eine vollständige Krise. Ebenso ging es mit einer magnetisirten Tasse, die auf die daraus trinkende Frau keinen Eindruck machte, statt daſs die Krise wirklich eintrat, als sie aus

1 Spätern Erfahrungen nach dürfte man wohl auf eigentlichen Betrug schlieſsen.

einer nicht magnetisirten trank, die sie für magnetisirt hielt.

Hiernach erklärten die Commissarien, die Existenz eines eigenthümlichen, animalischen Magnetismus sey nichtig und die beobachteten Erscheinungen würden durch das Drücken, das Betasten und die aufgeregte Phantasie erzeugt, worunter die letztere am wirksamsten sey. Die Sache müsse jedoch als gefährlich betrachtet werden, weil sie den Hang zu Nervenübeln steigere und dadurch selbst für künftige Generationen nachtheilig werden könne. Auſser diesem öffentlich bekannt gemachten Berichte übergab die Commission dem Könige noch einen geheimen, worin sie auf die anderweitigen Gefahren aufmerksam machte, die aus den Conventikeln dieser Art und aus der eigenthümlichen Behandlungsweise der wirklichen oder eingebildeten Patienten nothwendig entspringen müſsten.

Wie klar, wahrhaftig und entscheidend auch dieser Bericht für jeden Unbefangenen seyn muſste, so vermochte er doch nicht, den *Mesmerismus*, wie man die Sache nannte, sofort gänzlich zu verbannen, inzwischen sank doch das Ansehn desselben bedeutend. Mesmer selbst entfernte sich aus Paris, und die Anwendung der neuen Heilmethode erlosch allmälig in jener Stadt und überhaupt in Frankreich. Kaum wird man es aber dermaleinst begreiflich finden, daſs diese Curart mit unglaublich gesteigerten Phänomenen und ganz unfaſsbaren Wundern in Deutschland so allgemeinen Eingang fand. Wienholt in Bremen war einer der ersten, welcher die Curart anwandte und Schüler bildete, die in Mesmer's Fuſstapfen traten, während dieser hauptsächlich in München eine Schule für die magnetische Heilmethode gründete. Man darf wohl sagen, daſs kaum eine Stadt in ganz Deutschland frei blieb, wo nicht einer oder der andere Arzt die magnetische Heilkunst ausübte, nicht zu gedenken, wie sehr die Literatur mit theoretischen Untersuchungen, Anweisungen zur Ausübung und abentheuerlichen Erzählungen der beobachteten Phänomene überschwemmt wurde. Es würde indeſs die Mühe nicht lohnen, eine vollständige geschichtliche Uebersicht mitzutheilen, vielmehr werden einige allgemeine Bezeichnungen vollständig genügen.

Hinsichtlich der Theorie war man nicht einig, wofür man

das wirksame Agens zu halten habe; inzwischen neigte sich die Meinung allgemein dahin, daſs es eine unbekannte Potenz sey, die vom Magnetiseur an den Magnetisirten übergehe und im Ganzen mit der kräftigen Lebensthätigkeit in Verbindung stehe. Nur gesunde Personen und im Zustande ungeschwächter Lebenskraft konnten daher wirksam magnetisiren, auch verloren sie durch den Act selbst an regsamer Vitalität, während der Patient daran einen Zuwachs erhielt. Der Name *animalischer Magnetismus* wurde zwar beibehalten, aber dieses Agens, sofern es in unorganischen Körpern, namentlich im Stahle und als tellurischer Magnetismus sich wirksam zeigt, blieb sehr bald ganz aus dem Spiele. Dagegen neigte man sich mehr dahin, zwischen der animalisch magnetischen Potenz und der Elektricität oder vielmehr dem Galvanismus eine Analogie zu finden. Inzwischen waren die Magnetiseurs zu wenig gründliche Kenner der Physik, als daſs sie hierüber zu einer bestimmten Entscheidung kommen konnten, vielmehr kannten sie bloſs die allgemeinen Gesetze der elektrischen Leitung und Isolirung, und diesemnach fanden einige einen Unterschied der Wirkung beim Isoliren der Magnetisirten und beim Streichen derselben mit oder ohne den Gebrauch seidner Handschuhe. Bei einer bloſs in der Einbildung bestehenden und auf Leichtgläubigkeit nebst Selbsttäuschung beruhenden Potenz durfte man hierin keine Uebereinstimmung erwarten, vielmehr standen die angeblichen Erfahrungen in dieser Beziehung oft unter sich im Widerspruche, indem einige das Magnetisiren mit, andere aber ohne Isolirung wirksamer gefunden zu haben versicherten. Alle kamen jedoch darin überein, daſs ein gewisser ätherischer Stoff vom Magnetiseur in den Patienten überströme, hauptsächlich aus den Fingerspitzen, und diese Ausströmung sollte sogar zuweilen von einem Lichtscheine, wie bei der Elektricität, begleitet seyn. Ungeachtet der groſsen Expansibilität dieses vermeintlichen Fluidums unterlag es doch nach einigen Angaben mechanischen Gesetzen, sofern es sich durch Schnellen der Finger (das sogenannte *Spargiren*) zum stärkern Ausströmen bringen lassen sollte. Daſs dasselbe nicht bloſs von einem Menschen in den andern übergehe, sondern auch an unbelebten Körpern fixirt werden könne, namentlich an Wasser, Speisen, Bäume und sogar an Meubles oder sonstigen beliebigen Gegenständen, wurde allge-

Digitized by Google

mein angenommen, einige gingen aber so weit, daſs sie eine Verbreitung desselben auf unbestimmte, bis zu Hunderten von Meilen sich erstreckende Entfernungen annahmen, und zwar so, daſs eine gewisse sympathische Verbindung zwischen dem Magnetiseur und seinen Magnetisirten oder den letztern unter einander statt finden sollte, so daſs namentlich die von dem einen oder dem andern genommenen Arzeneien auf die im sogenannten *magnetischen Rapport* stehenden eine gemeinschaftliche Wirkung hervorzubringen vermochten[1]. Eine sehr häufig und bestimmt wiederholte Behauptung war, daſs der Glaube an die Wirksamkeit des Agens nicht bloſs befördernde, sondern nothwendige Bedingung eines günstigen Erfolgs sey, als ob der Glaube einen andern, als psychischen Einfluſs haben könne; den Einfluſs der Einbildungskraft auf die Gesundheit und das Wohlbefinden wird aber niemand in Abrede stellen. Nicht selten wurde auch Reinheit der Sitten, namentlich Keuschheit, als nothwendige Bedingung der Wirksamkeit dieser Curart angegeben, allein es gab der Fälle nicht wenige, wobei diese Bedingung erweislich nicht statt fand, und bei einigen diente das Magnetisiren selbst als Hülfsmittel feinerer oder gröberer Intriguen und der Erreichung unlauterer Zwecke. Hieraus erwuchs ohne Zweifel allmälig der Miſscredit, worin das ganze Verfahren bei dem bessern Theile des Publicums gesetzt wurde; denn bei allem Hange zum Wunderglauben fanden die sonst der Sache so sehr ergebenen Damen doch allmälig Anstand, den Magnetiseurs täglich und mitunter Stunden lang, obendrein in Betten liegend, die der Natur der Sache nach nicht durchaus decenten und mit weiblicher Sittlichkeit nicht ganz verträglichen Manipulationen zu gestatten, vorzüglich da hauptsächlich die jüngern Aerzte das Magnetisiren am meisten ausübten.

Das Verfahren des Magnetisirens muſste wohl als sehr zu-

---

1 So weit ich mich erinnere, wurde gleich anfangs ein Preis von 100 Ducaten bei einem Handelshause in Mainz für denjenigen Magnetisirten deponirt, welcher nach sicherer Prüfung magnetisirtes Wasser von unmagnetisirtem unterscheidem könne; allein die Prämie ist nie in Anspruch genommen worden, so allgemein man auch behauptete, daſs dieses jederzeit der Fall sey. Schon hieraus ergiebt sich deutlich, daſs man nicht enttäuscht werden und die Wahrheit nicht auffinden wollte.

Digitized by Google

sammengesetzt dargestellt werden, um der Sache mehr Wichtigkeit zu geben, die Vorstellung von einem beistehenden Zusammenhange zwischen Ursache und Wirkung fester zu begründen und die ganze Operation nebst dem zu erwartenden Erfolge in ein tieferes und zugleich geheimniſsvolleres Dunkel zu hüllen. Im Ganzen stimmten jedoch die Vorschriften darin überein, daſs die Kunst des Magnetisirens in einem sanften Streichen mit den Fingern, bei leiserer oder stärkerer Berührung, und mitunter selbst ohne Berührung bestehe, wobei es in vielen Fällen selbst auf die Zahl dieser Striche ankam, die von manchen Patienten oft bestimmt verlangt wurden. Hierbei blieb man, so groſs auch übrigens die sich allmälig einschleichende Abweichung war, der ursprünglichen Ansicht von einer dem mineralischen Magnetismus ähnlichen Potenz insofern bis ans Ende getreu, daſs durch entgegengesetztes Streichen (*Gegenstriche*) die ursprüngliche Wirkung aufgehoben oder eine entgegengesetzte hervorgerufen werden sollte. War z. B. ein Patient durch gewöhnliches Streichen in den magnetischen Schlaf gebracht, so erweckten ihn entgegengesetzte Striche, und manche Kranke konnten nur hierdurch wieder erweckt werden. Der Magnetiseur setzte die leicht ausgebreiteten Finger beider nach unten wenig gekrümmten Hände oben auf der Stirn des Patienten an, strich dann sanft oder gar nicht berührend über beide Seiten des Gesichts, des Halses und der Brust herab, bis in die Gegend des Unterleibes, zog die Hände dann sanft zurück und begann auſs neue; zuweilen aber, wenn die eigenthümliche Beschaffenheit der Krankheit es forderte, der Anstand es nicht hinderte oder die Rücksicht hierauf die Patienten, namentlich die weiblichen Geschlechts nicht abhielt, wurden die Striche bis zu den Knieen oder selbst zu den Fuſsspitzen fortgesetzt. Auſser diesen allgemeinen, den ganzen Körper afficirenden Strichen wurde auch einem diesem ähnlichen Bestreichen einzelner leidender Theile eine specielle Heilkraft beigelegt.

Die Vorschriften über die zur magnetischen Curart erforderlichen Manipulationen enthalten neben dem genannten Streichen noch das bereits erwähnte *Spargiren*, ein mäſsiges Schnellen der zusammengezogenen und wieder ausgebreiteten Finger einer Hand oder gewöhnlicher beider Hände, insbesondere gegen das Gesicht oder die Gegend des Magens oder gegen

Digitized by Google

irgend einen der besondern Affection bedürfenden Theil des Patienten. Hierdurch glaubte man das Ausströmen des animalisch-magnetischen Fluidums aus dem Magnetiseurs und seinen Uebergang in den Patienten zu befördern. Beide genannte Operationen waren dann nothwendig, wenn die magnetische Cur angefangen wurde, und muſsten so lange fortgesetzt werden, bis der magnetische Schlaf eintrat, während dessen zur Erhaltung seiner Fortdauer oder zur Abwehrung nachtheiliger Einflüsse bloſs die angegebene Manipulation des Streichens, jedoch ohne Berührung des Patienten, in willkürlichen Intervallen wiederholt wurde. War die Zahl der Patienten, die der nämliche Arzt in der Cur hatte, gröſser und gestatteten die Krankheiten das Ausgehn, so versammelten sich alle an bestimmten Stunden des Tags zu einem Conventikel nach Art der von Mesmer gehaltenen und es war dann schon das gemeinschaftliche Beisammenseyn in einem Zimmer von Wirkung; auſserdem aber setzten sich alle in einen Kreis auf Stühle, berührten sich auch wohl durch das Verschlingen der Daumen oder durch Anfassen der Hände, der Magnetiseur aber stand mitten in dem aus fünf, zehn, ja zwanzig und mehrern Personen beiderlei Geschlechts gebildeten Kreise, magnetisirte auf die angegebene Weise diejenigen, welche für das magnetische Fluidum am empfänglichsten waren, abwechselnd in kürzern Pausen, und hierdurch sollte die Wirkung sich durch alle, die unter einander und mit dem Magnetiseur im magnetischen *Rapport* standen, verbreiten. War dann der magnetische Rapport zwischen dem Magnetiseur und dem einzelnen Kranken oder allen zu einem gemeinschaftlichen Conventikel gehörigen Personen einmal hergestellt, so bedurfte es des Streichens nicht mehr, obgleich dasselbe meistens täglich wiederholt wurde, sondern die bloſse Anwesenheit des Magnetiseurs reichte schon hin, mindestens einen Einfluſs desselben auf die Patienten zu erzeugen, ja man ging so weit zu behaupten, daſs der Arzt sogar aus der Entfernung, deren Gröſse unbestimmt blieb, durch ernste Willensthätigkeit die verlangten Wirkungen hervorbringen könne. Durch diese letztere, eigentlich wohl sinnlos zu nennende, Behauptung wurde es den sehr in Anspruch genommenen Aerzten möglich, den Ansprüchen zahlreicher Patienten zu genügen, was unmöglich gewesen wäre, wenn ein jeder einzelne täglich der

anstrengenden und zeitraubenden Manipulation bedurft hätte. Eine solche vollständige Manipulation durch Streichen bis zum Eintritt des magnetischen Schlaſs dauerte nämlich insbesondere anfangs, ehe die Patienten gläubig und somit fügsamer waren, wohl eine halbe Stunde, ja manche, von der Allgewalt dieses Verfahrens selbst überzeugte, Aerzte setzten die Operation bis zur Dauer von etwa anderthalb Stunden bei solchen Personen fort, auf welche sie aller Bemühungen ungeachtet keine Wirkung hervorbringen konnten. War die Cur einmal eingeleitet und der Patient in den magnetischen Zustand versetzt, so erforderte das Streichen nur kürzere Zeit, und oft waren nur wenige Striche nöthig, um den magnetischen Schlaf herbeizuführen, der ebenso leicht durch einen oder wenige Gegenstriche wieder aufgehoben wurde. Das Magnetisiren unbelebter Gegenstände, namentlich des Trinkwassers, geschah durch ähnliche Striche, hauptsächlich durch Spargiren, im Allgemeinen durch die Berührung; manche Aerzte und auch sonstige Personen, die nicht verfehlten, sich einer so günstigen Gelegenheit zu bedienen, um sich als Pfuscher in das Gebiet der Medicin einzuschleichen, entnahmen aus ihrer Phantasie noch sonstige Mittel, um solchen Substanzen das magnetische Fluidum mitzutheilen, allein diese sind nicht als schulgerechte Regeln bekannt geworden.

Rücksichtlich der Wirkungen des animalischen Magnetismus endlich wurde im Allgemeinen angenommen, daſs derselbe gegen jede Krankheit mit Erfolg anwendbar sey, und man dehnte diese Behauptung nicht bloſs auf innere Krankheiten, sondern selbst auf chirurgisch zu behandelnde Uebel aus, indem mir sogar ein Fall bekannt ist, daſs ein unglücklicher Patient sich über ein ganzes Jahr gegen einen Blasenstein magnetisiren lieſs, bis er durch einen höchst schmerzhaften Tod als Opfer seiner eignen und fremder Thorheit fiel; vorzugsweise aber wurden Nervenübel, hysterische und hypochondrische Beschwerden, Stockungen der Säfte, chronische Entzündungen, Anschwellungen der Drüsen, Mangel an Schlaf u. s. w. in den Bereich dieser Curmethode gezogen. Das Resultat der Cur sollte dann Linderung und endlich gänzliche Heilung dieser sämmtlichen Uebel seyn, wobei der meistens eintretende magnetische Schlaf als Kennzeichen der Wirksamkeit und zugleich als Beförderungsmittel derselben galt.

Digitized by Google

Auſserdem aber führte die magnetiſche Behandlung manche Individuen, insbeſondere weiblichen Geſchlechts, durch eine Reihe von Stadien, die als Perioden der ſich verändernden und endlich gänzlich ſchwindenden Krankheit betrachtet wurden, zur endlichen, mitunter erſt nach mehrern Jahren erfolgenden Geneſung. In dieſen Stadien boten manche Patienten, die für den animaliſchen Magnetismus vorzugsweiſe empfänglich ſeyn ſollten, Erſcheinungen dar, die in übergroſser Menge berichtet und gläubig nachgeſprochen wurden, ſo ſehr ſie auch mit allen bekannten Geſetzen der Natur und ſelbſt mit dem, was Phyſiologie und Pſychologie über die Leiſtungen der Lebensthätigkeit und der Seelenkräfte im geſunden Zuſtande und während der Abnormität in Nervenübeln, z. B. beim Nachtwandeln, bis dahin dargeboten hatten, im Widerſpruche ſtanden, ſo daſs ſie zum Theil in das Gebiet der eigentlichen Wunder gehörten. Ohne hierüber ins Einzelne einzugehn, möge Folgendes als allgemeine Bezeichnung genügen. Bei fortgeſetzter Anwendung des Streichens fielen die Patienten, faſt ausſchlieſslich weiblichen Geſchlechts, zuerſt in einen tiefen, ruhigen Schlaf, woraus ſie von ſelbſt erwachten und ſich vorerſt geſtärkt, wenn gleich nicht eigentlich geheilt, fühlten; denn obgleich ihr Befinden nachher im Wachen beſſer und ſo beſchaffen war, daſs ſie nicht bloſs auſser Bett ſeyn, ſondern auch ihre Geſchäfte beſorgen und an geſellſchaftlichen Unterhaltungen Theil nehmen konnten, ſo machte doch das Bedürfniſs des nicht von ſelbſt ſich einſtellenden Schlafs ein abermaliges, täglich wiederkehrendes Magnetiſiren nothwendig. Im weitern Verfolge ſtellte ſich der Schlaf zwar jederzeit und zwar bald nach dem Anfangen des Streichens ein, aber während derſelbe den Körper feſſelte und gegen Sinneseindrücke jeder Art unempfindlich machte, kehrte die Seelenthätigkeit wieder, die Patientinnen wurden *Somnambülen*, redeten, antworteten auf Fragen und unterhielten ſich mit den Umſtehenden über ihnen bekannte Gegenſtände, alles bei verſchloſſenen Augen und fortdauerndem tiefen Schlafe, aus welchem ſie zur gehörigen Zeit, meiſtens jedoch nur durch Gegenſtriche des Magnetiſeurs, erwachten, ohne dann die geringſte Erinnerung deſſen zu haben, was unterdeſs vorgegangen war. Dieſer Zuſtand der Seelenthätigkeit im Somnambulismus wurde dann zu einer um ſoviel höhern Stufe geſteigert, je empfänglicher die Patientinnen für

den thierischen Magnetismus waren; die Somnambülen gingen weit über die Sphäre ihrer natürlichen Geisteskräfte hinaus und wurden Hellseherinnen (*Clairvoyantes*). Unter die vielerlei Arten von Leistungen in diesem unnatürlichen Zustande gehörte hauptsächlich die aus ihnen selbst entnommene Kenntniſs vom innern Baue ihres Körpers, seinen einzelnen Theilen, dessen Abnormitäten und den Ursachen ihrer Krankheiten, der dagegen anzuwendenden Mittel, der Zeit und Art ihres Verlaufes und der endlichen Genesung. War es indeſs immer möglich, daſs eine gesteigerte Reizbarkeit auch Unkundigen hiervon Kenntniſs geben konnte, so blieb man doch bei diesen schwer zu erklärenden Erscheinungen nicht stehn, sondern steigerte das Wunderbare bis zur höchsten Stufe. Die Clairvoyanten erkannten nicht bloſs sich selbst, sondern auch andere, gaben die Natur der Krankheiten von diesen, die sie nie gesehn hatten und mit denen sie bloſs in magnetischen Rapport gesetzt wurden, nebst den erforderlichen Heilmitteln auf das bestimmteste an, begnügten sich nicht damit, die ihnen sonst unbekannten Namen der Arzneien zu nennen, sondern bezeichneten auch in ihnen ganz unbekannten Officinen genau den Ort, wo die erforderlichen Präparate standen. Nicht zufrieden mit dieser schon weit über die denkbare Möglichkeit hinaus liegenden Grenze gaben sie über weit entfernte Personen und Gegenstände Auskunft, lasen mit den Fingerspitzen oder vermittelst des Auflegens auf ihre Herzgrube versiegelte Schrift, erkannten den wörtlichen Inhalt bestimmter Zeilen, Seiten und Bände entfernt stehender, ihnen unerreichbarer und nie gesehener Bücher, ja was noch mehr ist, es trennte sich von ihnen ein gewisses geistiges (man muſs sagen magnetisches) Ich, welches, während sie körperlich im magnetischen Schlafe liegend beobachtet wurden, auch wohl gar sich mit den Umstehenden unterhielten, in entfernte Zimmer und Häuser, ja sogar in die Unterwelt, auf den Mond, die Juno oder einen sonstigen Planeten wanderte, dort Sinneseindrücke erhielt, das Empfundene wieder erzählte, nachdem es zur gehörigen Zeit, die durch die Dauer des magnetischen Schlafes bestimmt war, sich wieder mit der schlafenden Person vereinigt hatte. Ein solches magnetisch-geistiges Individuum endlich konnte, wohl gemerkt im vollen Anzuge, also mit körperlichen Stoffen umgeben, durch Schlüssellöcher in verschlos-

ſene Thüren dringen, ſich zu magnetiſch verbundenen Perſonen ins Bette legen, ſich mit dieſen unterhalten und, ohne von den Umſtehenden wahrgenommen zu werden, an ſeinen Ort wieder zurückkehren.

Man wird es künftig, wenn die Geſchichte der Entſtehung und weitern Ausbildung der magnetiſchen Heilung aus dem Gedächtniſſe verſchwunden iſt, kaum begreiflich finden, daſs dergleichen abenteuerliche Erzählungen in groſser Zahl bekannt gemacht und von einem groſsen Theile des Publicums aus allen Ständen geglaubt wurden, und dennoch war dieſes wirklich der Fall. Zwar iſt durch alles zahlreiche Hellſehn, ſelbſt durch die Reiſen auf den Mond und die Planeten keine einzige neue Wahrheit aufgefunden, auch nicht die geringſte neue Entdeckung gemacht worden. Das angeblich Geſehene und Gehörte, überhaupt durch übermäſsig geſteigerte Seelenkräfte Erforſchte, war nie etwas anderes, als allgemein bekannte, meiſtens höchſt triviale Sachen, manches auffallend unrichtig; es ſtellten ſich allezeit die eigenthümlichen Anſichten des Magnetiſeurs bei den Ausſagen ihrer Somnambülen ſo offenbar heraus, daſs das unbefangene Publicum einen unverkennbaren Einfluſs jener auf dieſe nothwendig wahrnehmen muſste; viele und groſse Betrügereien wurden aufgedeckt, bekehrten aber nur ſelten und bloſs die Beſonnenern von dem ſehr allgemein herrſchenden Wahne, und ſomit dauerte es lange, bis die Mehrzahl vernünftigen Zweifeln Raum gab und endlich die ganze Methode allmälig in Abnahme kam, die in dieſem Augenblicke baldiges gänzliches Vergeſſen erwarten läſst, indem bloſs noch einzelne wenig beachtete Fälle des Magnetiſirens vorkommen, auf welche die Literatur kaum noch oder vielmehr überall keine Rückſicht nimmt.

Bei dieſer keineswegs mit übertriebenen Farben aufgetragenen Darſtellung der Sache darf jedoch nicht überſehn werden, daſs ſich die Mehrzahl der Aerzte, insbeſondere der ältern und erfahrnern, keineswegs zu ſolchen extravaganten Anſichten verleiten lieſs, allein auch viele der beſſern waren der Meinung, daſs ein ſolches heilendes magnetiſches Fluidum wirklich exiſtire und bei richtiger Anwendung heilſame Wirkungen hervorbringen könne. Auffallend wird man es künftig finden, daſs die ſonſt ſo beſonnenen Deutſchen keine ſchulgerechte gründliche Prüfung veranſtalteten, wodurch die Wahr-

heit nothwendig zum Vorschein kommen und vom Truge geschieden werden muſste, um so mehr, da das Beispiel einer so trefflichen Prüfung des Mesmerismus in Paris als nachahmungswerthes Beispiel vorlag. So unerklärbar dieses auch künftig seyn dürfte, so leicht geht aus der genauern Kenntniſs der damaligen Lage der Sache hervor, daſs eine besonnene Prüfung, von vielen so sehnlich gewünscht, damals ganz unmöglich war, weil das ganze groſse Publicum so leidenschaftlich Parthei dafür genommen und an jedem Orte durch eine genügende Reihe von Versuchen allzuviele Personen von groſsem Einflusse durch Enthüllung der Betrügereien und Täuschungen zu sehr compromittirt werden muſsten, unter denen sicher viele, den zahllos wiederholten Versicherungen von Augenzeugen, nach einem bei jedem wahrheitliebenden Menschen natürlichen Hange, vertrauend, sich lebhaft für diese Sache interessirten, nicht ahnend, zu welchen abenteuerlichen Uebertreibungen man demnächst übergehn würde. Nimmt man hinzu, durch welche unglaublich ſeine Betrügereien so manche treffliche Aerzte und Nichtärzte getäuscht wurden, die sich später um ihrer selbst willen scheuten, die schlauen Kunstgriffe, durch die sie zum Irrthume verleitet waren, zu enthüllen, überlegt man ferner, daſs der gröſste Theil der Basis, worauf die ganze Arzneiwissenschaft sich stützt, aus der Erfahrung entnommen ist und daſs der Arzt die im lebenden Menschen wirksamen Kräfte keineswegs so scharf und bestimmt zu erkennen vermag, als der Physiker die Gesetze, nach denen die Erscheinungen in der unorganischen Natur erfolgen, so wird man den ganzen Verlauf der Sache minder unnatürlich finden.

Fragt man endlich, was von den erzählten Thatsachen zu halten sey und ob den zahlreich beobachteten Erscheinungen irgend eine bekannte oder noch näher zu erforschende physikalische Potenz zum Grunde liege, so kann diese Frage gegenwärtig füglich befriedigend beantwortet werden. Unter allen den zahllosen beobachteten und mit eigener moralischer Ueberzeugung wieder erzählten Erscheinungen befindet sich keine einzige, die nach den in der Physik bestehenden Regeln für ausgemacht gelten kann, denn bekanntlich wird im Gebiete dieser Wissenschaft keine Thatsache für hinlänglich begründet gehalten, um ein Gesetz darauf zu bauen, wenn nicht

Digitized by Google

das beobachtete Phänomen unter den angegebenen Bedingungen unausbleiblich jederzeit wieder erfolgt. Die Erzählungen von den Aeuſserungen des Somnambulismus sind aber nicht bloſs keineswegs unter sich übereinstimmend, sondern stehn groſsen Theils mit einander selbst im Widerspruche. Selbst die Erzeugung des Schlaſs durch die magnetischen Striche, die wohl am allgemeinsten geglaubt wurde und allen nachfolgenden Erscheinungen höherer Stadien vorangehn muſste, erfolgte keineswegs ohne Ausnahme, vielmehr war es selbst den kräftigsten und geübtesten Magnetiseurs zuweilen unmöglich, manche Individuen zum Schlafen zu bringen, wie mir aus eigener Beobachtung bekannt ist. Auſserdem waren in Mesmer's und andern Conventikeln stets einige Individuen, auf welche die magnetische Behandlung durchaus keine Wirkung hervorbrachte. Wenn also gleich in andern zahllosen Beispielen der Schlaf wirklich erfolgte, so ist dadurch der Zusammenhang zwischen Ursache und Wirkung noch keineswegs gegeben, also auch diese Thatsache nichts weniger als fest begründet, so lange die anderweitig bedingenden Ursachen nicht nachgewiesen worden sind, welche entweder das Eintreten des Schlaſs bei einigen Individuen, oder das Ausbleiben desselben bei andern herbeiführen konnten. Aber selbst auch dann, wenn bei allen Personen ohne Ausnahme der Schlaf durch die magnetische Manipulation hervorgerufen worden wäre, würde dieses für den Physiker nur ein vorläufiges, keineswegs aber ein sicheres Argument seyn, um auf eine wirklich vorhandene Potenz eigenthümlicher Art zu schlieſsen, da sich immerhin hiergegen der Einwurf vorbringen läſst, daſs die ruhige Lage des Magnetisirten, seine Aufmerksamkeit auf den Magnetiseur, die Einförmigkeit der stets wiederkehrenden Bewegungen, die Entfernung anderweitiger erregender Gedanken, selbst aber die leise Berührung und deren Einfluſs auf die Nerven, auſser sonstigen zusammenwirkenden Ursachen diesen eigenthümlichen Erfolg herbeigeführt habe, ungefähr auf die nämliche Weise, als durch das Kitzeln ein unwillkürliches Lachen erzeugt wird, mit der sonderbaren Modification, daſs niemand sich selbst hierdurch zum Lachen reizen kann, ohne daſs es bis jetzt jemandem eingefallen ist, diese Wirkung einem eigenthümlichem Stoffe beizulegen. Sonach liegt also die Entscheidung über die ganze Sache noch zur Zeit ganz auſser dem

Digitized by Google

Bereiche der Physik, weil die Magnetiseurs hinsichtlich der als nothwendig bezeichneten Manipulationen diese weder hinlänglich bestimmt, noch auch unter sich völlig übereinstimmend angegeben haben, insofern einige der Isolirung oder der Anwendung seidener Handschuhe einen Einfluſs beilegen, andere diesen aber leugnen, und der anfänglich angenommene Zusammenhang dieser Erscheinungen mit den Aeuſserungen des mineralischen Magnetismus späterhin gänzlich aufgegeben wurde. Die berichteten Erfolge können aber noch weniger zur Feststellung eines physikalischen Gesetzes dienen, weil kein einziger hierfür genügend constatirt ist, manche derselben sogar mit unumstöſslichen Gesetzen der Natur und der Forderung eines richtig schlieſsenden Verstandes im Widerspruche stehn. Der animalische Magnetismus gehört somit vorerst, und bis neue genügend begründete Thatsachen vorhanden sind, noch ausschlieſslich in das Gebiet der Medicin, allein auch das Urtheil der besonnenen und zugleich erfahrenen, im gründlichen Forschen geübten Aerzte ist nach dem Zeugnisse Rudolphi's[1] so ungünstig ausgefallen, daſs man mit Ausscheidung unverkennbar psychischer Wirkungen und solcher, die durch Aufregung des Nervensystems erzeugt werden, wie sie ähnlich auch bei den Nachtwandlern und sonstigen nervenkranken Personen vorkommen, alles übrige für theils absichtliche, theils unabsichtliche Täuschung und groſsentheils für Betrug erklären muſs, was daher nur ein ephemeres Aufsehn erregen konnte und nach der Art ähnlicher Uebertreibungen oder Verirrungen bereits seinen Untergang gefunden hat[2].

M.

---

1 Grundriſs der Physiologie. Vorr. S. IX.

2 Da ich die ganze Periode des animalischen Magnetismus von seinem Ursprunge an bis zu seinem Untergange mit erlebt, die zahllosen gedruckten und mündlichen Berichte bei ihrem Erscheinen in groſser Vollständigkeit mir bekannt gemacht und einige Magnetisirungen selbst mit angesehn habe, so schien es mir überflüssig, das Gesagte durch Autoritäten zu unterstützen, um so mehr, als es hierbei nicht sowohl auf die Personen, als vielmehr auf die Thatsachen ankommt, manche sich auch wohl nicht gern an die Täuschungen wieder erinnern, denen sie aus oben angegebenen, genugsam entschuldigenden Gründen unter den damaligen Verhältnissen nicht zu widerstehn vermochten. Wer indeſs das Ganze, ohne die bis zum Unsinn gesteigerten Uebertreibungen, kennen lernen will, findet ge-

Digitized by Google

Magneto-Elektricität.

Induction, Elektricität durch Induction; Magneto-Electricité; *Magnetic-Electricity, Electricity by Induction.*

Der höchst wichtige physikalische Satz, daſs man durch Magnetismus Elektricität hervorrufen könne, hat bei seiner erst neuerdings erfolgten Auffindung so hohes Interesse erregt, daſs auch das Geschichtliche dieser Entdeckung der Nachwelt aufbewahrt zu werden verdient. Je allgemeiner bekannt wurde, daſs die durch einen Multiplicator (einen schraubenförmig gewundenen und gehörig isolirten Draht) strömende Elektricität Magnetismus in seinem Innern erzeuge, desto näher lag die Idee, umgekehrt durch den Magnetismus im Innern eines solchen Multiplicators Elektricität in diesem hervorzurufen. Mehrere Gelehrte kamen auf diesen Gedanken, es war aber dem Fleiſse und dem Scharſsinne Faraday's vorbehalten, diese interessante und wichtige Entdeckung wirklich zu machen. Das Wesentlichste dieser Erfindung beruht darauf, daſs man den Anker eines starken Magnets mit Kupferdraht, welcher vorher durch einen Ueberzug von Seide elektrisch isolirt ist, in vielen Windungen umwickelt, das eine Ende desselben in Quecksilber eintaucht, das andere der Fläche dieses Metalls möglichst nähert, und dann den Anker schnell vom Magnete trennt, oder mit ihm verbindet, in welchen beiden Fällen sich zwischen dem freien Ende des Drahtes und der Fläche des Quecksilbers ein kleiner elektrischer Funke zeigt. Hierbei ist es gleichgültig, ob der angewandte Magnet ein gewöhnlicher aus Stahl, oder ein durch Volta'sche Elektricität temporär erzeugter aus weichem Eisen sey, weil zwischen beiden hinsichtlich des hierbei wirksamen

---

nügende Auskunft in folgenden zwei Werken, wovon das erste einen Vertheidiger, das zweite einen gewiegten Gegner zum Verfasser hat. Versuch einer Darstellung des animalischen Magnetismus als Heilmittel von Dr. Kluge u. s. w. Berl. 1811. 2te Aufl. ebend. 1815. Ueber den thierischen Magnetismus. Von Dr. Joh. Stieglitz, K. Groſsbr. Leibarzt. Hann. 1814.

Digitized by Google

Magnetismus kein Unterschied obwaltet, und wirklich bediente sich Faraday bei seinen ersten Versuchen auch eines solchen temporären Magnets, fand aber sofort, daſs ein bleibender etwas starker Magnet die nämlichen Wirkungen hervorbringe.

Am 24. November 1831 theilte Faraday[1] die von ihm gemachte Entdeckung in einer ausführlichen Abhandlung der königl. Societät mit und lieſs eine kurze Notiz der Sache in einem Briefe vom 17. Dec. an Hachette zur Kenntniſs des französischen Instituts gelangen, wodurch sie dem gröſsern Publicum bekannt wurde[2]. Die beiden italienischen Gelehrten Nobili und Antinori in Florenz scheinen zuerst die Versuche nach dieser kurzen Andeutung wiederholt zu haben und es glückte ihnen, nicht bloſs durch den Magnetismus des Stahls, sondern auch durch den tellurischen des weichen Eisens die astatischen Doppelnadeln des Multiplicators in Bewegung zu setzen und mit Anwendung eines Magnets im Museum zu Florenz den elektrischen Funken hervorzurufen. Ihre Versuche datiren sich vom 31. Januar 1832 und wurden in der Antologia unterm November 1831 und in den Annales de Chimie cet. unterm December desselben Jahres bekannt gemacht[3]. Ein Abdruck von Nobili's Abhandlung kam in die Hände vieler Gelehrten und ermunterte diese zur Wiederholung der Versuche, die zwar in vergröſsertem Maſsstabe und mit verbesserten Apparaten, aber ohne wesentliche Erweiterung der Sache seitdem vielfach angestellt wurden. Unter den mehrern, welche die Versuche mit verschiedenartig construirten Apparaten wiederholt haben, möge Forbes[4] genannt werden, welcher einen künstlichen Magnet des Dr. Hope anwandte, dessen Tragkraft 170 ℔ betrug. Die Wirkungen desselben auf die Magnetnadeln des Multiplicators (eigentlich also auf den Multiplicator) verglich er mit denen einer Volta'schen Säule, in-

---

1 Philos. Trans. 1832. p. 132.

2 Im Temps vom 28. December 1831. So wie ich durch Cap. Kater sofort eine briefliche Nachricht von dieser Erscheinung erhielt, wird dieses auch bei andern Gelehrten der Fall gewesen seyn. Daher die schnelle Verbreitung der ebenso interessanten als wichtigen Entdeckung.

3 Antologia di Firenze No. CXXXI. Ann. Chim. Phys. T. XLVIII. p. 417. Poggendorff's Ann. XXIV. 473.

4 Edinb. Philos. Trans. T. XII. Vorlesung vom 16. April 1832.

Digitized by Google

dem er die Säure bei der letztern so temperirte, daſs sie eine gleich groſse Ablenkung der Nadeln erzeugte, als der natürliche Magnet. Zugleich glaubte er zu bemerken, daſs der elektrische Funke leichter beim Trennen des elektrischen Stromes, als beim Schlieſsen desselben zum Vorschein komme, eher am Rande des Quecksilbers, worin die beiden Enden des um den Anker gewundenen Drahtes gesenkt waren, als in der Mitte, und daſs insbesondere die Schnelligkeit, womit das zugespitzte Ende des Drahtes vom Quecksilber getrennt wurde, das Erscheinen desselben befördere, wobei ihm noch auſserdem die Reinheit des hierzu angewandten Quecksilbers von Einfluſs zu seyn schien. Der erzeugte Funke hatte stets eine schöne grüne Farbe. Marianini[1] richtete sein Augenmerk vorzüglich darauf, auszumitteln, ob die erzeugte Elektricität auch chemische Wirkungen äuſsere, wovon er sich vollständig überzeugte. Nobili und Antinori wiederholten ihre Versuche in gröſserer Ausdehnung und gelangten dadurch zu dem Resultate, daſs die durch Magnetismus erzeugte Elektricität in jeder Hinsicht ein gleiches Verhalten zeige, als die durch Reibung oder Berührung hervorgerufene[2]. Bei weitem die gröſsten und belehrendsten Versuche wurden in Paris durch Hachette, Pouillet und Ampère angestellt, wobei sie sich meistens der durch Pixii verfertigten gröſsern Apparate bedienten und sowohl elektrische Funken, sogar in einem fortwährenden Strome, als auch physiologische und chemische Wirkungen der durch Magnetismus erzeugten Elektricität erhielten. Diese fallen insgesammt in das Jahr 1832 und der Kreis der Phänomene scheint damit geschlossen, wenigstens ist mir nicht bekannt, daſs seitdem noch irgend eine neue, für das Wesen der Sache bedeutende Erscheinung aufgefunden worden sey, abgesehn von den gehaltreichen Versuchen, welche zur Begründung der hierbei obwaltenden Gesetze angestellt worden sind.

Faraday's Entdeckung beruht dem Wesen nach, und wie dieses durch verschieden modificirte, mit mehrfach abgeänderten Apparaten hervorgerufene Erscheinungen sich anschaulich machen läſst, auf folgendem Hauptsatze. Wenn ein elektrischer Strom durch einen leitenden Körper flieſst, so er-

---

1 Bibl. univ. 1832. T. III. p. 16.
2 Ann. Chim. Phys. T. L. p. 280. Juli 1832.

zeugt dieser in einem andern, ihm möglichst genäherten, aber elektrisch isolirten, auf gleiche Weise einen elektrischen Strom, als ob dieser ursprünglich durch eine der hierzu tauglichen Ursachen hervorgerufen würde. Die im Rheophore vorhandene Elektricität kommt jedoch auſserhalb der Oberfläche desselben, also ohne unmittelbare Berührung und bei einer isolirenden Umgebung, nicht selbst zum Vorschein, sondern bloſs vermittelst des durch sie hervorgerufenen Magnetismus[1]; auſserhalb der Oberfläche des Rheophors kann demnach nur dieser letztere vorhanden seyn, und wenn daher im genäherten, noch obendrein isolirten Leiter elektrische Erscheinungen zum Vorschein kommen, so müssen diese durch den Magnetismus in der Umgebung des Rheophors hervorgerufen worden seyn, woraus die wichtige Folgerung hervorgeht, daſs Elektricität und Magnetismus sich wechselseitig frei machen, und wenn also durch Oersted's Entdeckung aufgefunden worden war, daſs die Elektricität in der Umgebung des sie fortleitenden Körpers Magnetismus erzeugt, so ergiebt sich aus Faraday's Versuchen, daſs durch diesen frei gewordenen Magnetismus umgekehrt in einem geeigneten Leiter eine elektrische Strömung hervorgerufen werde; Faraday nannte dieses eine Erzeugung der Elektricität durch *Induction*[2] und diese Bezeichnung ist seitdem allgemein aufgenommen worden. Die Sache selbst ist also der Hauptsache nach eine Umkehrung des Elektromagnetismus, allein zwischen dem Verhalten beider findet ein wesentlicher Unterschied statt, welcher im voraus nicht geahnet werden konnte und daher die zahlreichen Bemühungen vieler Gelehrten, die auf das nämliche Ziel gerichtet waren, vergeblich machte. Wenn der elektrische Strom, sey es der galvanische oder der durch Reibung erzeugte und selbst der thermoelektrische, den Rheophor durchströmt, so findet eine fortdauernde magnetische Erregung statt, und die in den Windungen des Multiplicators aufgehangene Magnetnadel erhält eine bleibende Ab-

1 Hierbei wird vorausgesetzt, daſs Elektricität und Magnetismus zwei verschiedene Potenzen sind, von welcher Ansicht ich bei den sehr verschiedenen Eigenschaften beider nicht abgehn kann.

2 Der Ausdruck kommt vom Lateinischen *inducere*, weil die Elektricität durch das Hineinführen eines Magnets in die schraubenförmigen Windungen des Drahtes hervorgerufen wird.

Digitized by Google

weichung. Dagegen ist die Erregung der Elektricität durch den Magnetismus (durch Induction) nur momentan und auf den Augenblick der Annäherung des einen der magnetischen Pole beschränkt; das elektrische Gleichgewicht stellt sich dann sofort wieder her, entzieht sich hierdurch der Beobachtung, und hierin liegt die Ursache, daſs diese Erscheinungen so schwer zu entdecken waren, bis es dem Scharfsinne und dem beharrlichen Experimentiren Faraday's gelang, den so erzeugten elektrischen Strom im Momente seiner Entstehung aufzufangen. Die Ursache dieser wesentlichen Verschiedenheit der gegenseitigen Einwirkungen der Elektricität und des Magnetismus auf einander muſs im Wesen beider Potenzen gegründet seyn, das wir jedoch zur Zeit noch nicht völlig genau kennen.

Zu den magnetoelektrischen Versuchen wählt man in der Regel mit Seide übersponnenen Kupferdraht, weil dieses Metall nach Becquerel[1] die Elektricität am besten leitet und nach den Versuchen von Arago[2] vorzugsweise magnetisch disponirt wird. Die ersten Apparate, deren sich Faraday bediente, bestanden aus solchen mit Seide übersponnenen oder durch sonstige geeignete Nichtleiter isolirten Drähten, welche um irgend einen Körper so neben und über einander gewunden oder nur im Zickzack neben einander gelegt wurden, daſs sie in einer etwas längeren Strecke einander sehr nahe waren und daſs die Enden des einen Systems mit den beiden Elementen einer einfachen Volta'schen Kette verbunden wurden, während die Enden des andern vermittelst des Multiplicators die erzeugte secundäre Elektricität sichtbar machten. Derjenige unter diesen Apparaten, welcher noch gegenwärtig nach den zahlreichen angegebenen Verbesserungen beibehalten zu werden verdient, ist der *magnetoelektrische Ring*. Ein Ring Fig. 224.
von weichem Eisen, 1 bis 1,5 Zoll dick und 3 bis 5 Zoll im Durchmesser haltend, wird mit Taffent oder mit seidenem Bande umwickelt und dann zur Hälfte mit einer bis vier oder noch mehrern Lagen von umsponnenem Kupferdrahte umwunden, dessen beide Enden amalgamirt (mit einer Solution von salpetersaurem Quecksilber bestrichen und abgewischt) und

1 Ann. Chim. Phys. T. XXXII. p. 420.

2 S. oben Abschn. VII. *Rotationsmagnetismus* und die unten folgenden Untersuchungen hierüber.

Digitized by Google

dann mit den beiden Elementen der Volta'schen Säule (Zink und Kupfer) verbunden werden. Die zweite Hälfte des Ringes wird auf gleiche Weise mit solchem Kupferdrahte umwunden, so daſs jedoch zwischen beiden Hälften des Ringes ein Intervall von etwa 0,5 Zoll frei bleibt. Die beiden Enden dieses Drahtes werden beträchtlich lang gelassen (etwa 6 bis 10 Fuſs) und dann mit den Drahtenden eines Multiplicators, in welchem sich ein Nobili'sches astatisches Magnetnadelpaar befindet, zusammengelöthet[1]. Ist der Apparat auf diese Weise gehörig vorgerichtet, so daſs sich die Nadeln des Multiplicators in Ruhe befinden, und schlieſst man demnächst die Volta'sche Kette, so weichen die Nadeln bedeutend nach einer Seite ab, kommen nach mehrern Schwingungen zur Ruhe und erhalten eine Abweichung nach der entgegengesetzten Seite, wenn man die Kette wieder öffnet. Bei dieser Vorrichtung bildet die eine Hälfte des Ringes den Magnet, die andere den Anker.

Noch interessanter ist ein diesem ähnlicher Apparat, bei welchem nicht die Volta'sche Säule, sondern ein gemeiner Magnet das bewegende Princip hergiebt[2]. Man verfertigt einen hohlen Cylinder von starker Pappe, etwa 6 Zoll hoch und 2 bis 3 Zoll weit, umwickelt diesen mit umsponnenem Kupferdraht so, daſs an beiden Enden des Cylinders etwa ein halber bis ein ganzer Zoll leer bleibt, befestigt die beiden Enden, führt sie bis etwa 6 Fuſs und darüber fort, um ganz sicher zu seyn, daſs der dabei gebrauchte Magnet die Nadeln nicht unmittelbar afficiren könne, löthet die Spitzen dieser Drahtenden an die Drahtenden des Multiplicators und läſst die astatischen Magnetnadeln des letztern zur Ruhe kommen. Der Cylinder wird vertical auf einen Tisch gestellt, und wenn man demnächst einen gemeinen Magnetstab (ein Parallelepipedon von etwa 1 Quadratzoll Querschnittsfläche und 10 bis 12 Zoll Länge) von oben herab schnell in den Cylinder herabsenkt, so weichen die Nadeln mit lebhafter Bewegung 45 Grade und noch mehr ab, erhalten aber nach hergestellter Ruhe

1 Nach Lenz (s. unten) genügt es, die Enden der Drähte blank zu schaben und fest auf einander zu binden.

2 Diese Art der elektrischen Erregung ist das, was man nach Faraday Elektricität durch Induction nennt.

eine entgegengesetzte Abweichung, wenn man den Magnetstab wieder herauszieht. Die Abweichung ist gleichfalls die entgegengesetzte, wenn man den andern Pol, als den zuerst angewandten, einsenkt, auch ergiebt sich leicht, daſs man bedeutend starke Oscillationen der Nadeln erzeugen könne, wenn man das Einsenken und Herausziehn des Magnetstabes mit dem Wechsel der vor- und rückwärts gehenden Schwankungen der Nadeln zusammenfallen läſst. Nobili und Antinori haben diesen Apparat mit einiger Abänderung sinnreich angewandt, um den Einfluſs des tellurischen Magnetismus auf die Erregung secundärer elektrischer Strömungen zu untersuchen. Zu diesem Ende stellten sie den hohlen Cylinder so, daſs seine Axe sich in der Richtung der Neigungsnadel befand, senkten statt eines künstlichen Magnetes einen starken Stab weichen Eisens, welcher gleichfalls die Richtung der Inclinationsnadel hatte, hinein und erhielten dann die nämliche Abweichung, welche der Nordpol eines künstlichen Magnetes erzeugt, wenn sie den Stab von oben herab einsenkten, dagegen südpolare Wirkungen, wenn sie das obere Ende desselben von unten hineinschoben; sie fanden auſserdem die Wirkungen des letztern geringer, welches damit übereinstimmt, daſs der südpolare Magnetismus auf der nördlichen Halbkugel schwächer ist. Faraday[1] erhielt das nämliche Resultat, wenn er eine Stange weiches Eisen in den Schraubendraht steckte, ihn in die Richtung der Neigungsnadel brachte, dann in Abwechselungen umkehrte, die mit den Oscillationen der Magnetnadeln im Multiplicator zusammenfielen, wodurch eine Ablenkung von 150° bis 160° erreicht wurde.

Die Erregung der Elektricität durch den Magnetismus erfolgt auf die angegebene Weise so leicht und so sicher, daſs sie sogar durch Rückwirkung zum Vorschein kommt, wie Faraday bei seinen zahlreichen Versuchen entdeckt und M. H. Jacobi[2] bestätigt gefunden hat. Wird ein mit isolirtem Kupferdraht umwundenes Eisen, als gerader Stab oder gekrümmt, durch den elektrischen Strom zum Magnete gemacht und dann die Verbindung der Volta'schen Kette schnell un-

1 Dessen Abhandl. in Phil. Trans. 1832. §. 6. 141.

2 Mémoire sur l'application de l'électromagnétisme au mouvement des machines. Potsdam 1835.

Digitized by Google

terbrochen, so erzeugt der Magnet in der Kupferspirale einen rückwärts gehenden elektrischen Strom, welcher sich zuweilen sogar durch einen Funken äuſsert. Die zahlreichsten Beobachtungen hierüber haben die in Göttingen befindlichen *Magnetometer*[1] veranlaſst. Ist nämlich ein starker Magnet in einem Multiplicator aufgehangen, dessen Enden oder die an diesen festgelötheten Drähte einen geschlossenen Kreis bilden, und wird er dann in Schwingungen versetzt, so muſs bei jedem Aus- und Eintritte in die Windungen des Multiplicators eine ähnliche elektrische Erregung entstehn, als wenn man den Magnet in Faraday's eben beschriebenen hohlen, mit isolirendem Drahte umwundenen Cylinder schiebt oder ihn da herauszieht, mit dem auſserwesentlichen Unterschiede, daſs diese letztere Bewegung schnell ist, die Schwingungen aber nur langsam wechseln. Die Reaction, welche der erzeugte elektrische Strom auf den ihn erzeugenden schwingenden Magnetstab ausübt, muſs die Schwingungen desselben verzögern, wie dieses aus eigends deswegen angestellten Messungen deutlich hervorgeht; auch ergiebt sich die Thatsache selbst aus vielen Beobachtungen, wonach alle in ihren Multiplicatoren aufgehangene Magnetstäbe gleichzeitig zu oscilliren beginnen, sobald als einer derselben in Schwingungen versetzt wird, vorausgesetzt daſs der sie verbindende leitende Draht einen geschlossenen Kreis bildet.

Am meisten war man begierig, einen elektrischen Funken vermittelst gewöhnlicher Magnete zu erzeugen. Faraday bemerkte gleich anfangs, daſs er einen solchen Funken, obgleich nur mit Mühe, erzeugt habe, und Capt. Kater hob diesen Umstand in seinem oben erwähnten Briefe an mich als besonders merkwürdig hervor. Die Bewegungen der astatischen Magnetnadeln mittelst des Multiplicators lieſsen zwar in Gemäſsheit sonstiger bekannter Erscheinungen nicht füglich auf etwas anderes, als strömende Elektricität schlieſsen, es blieb

---

1 Magnetometer nennt Gauss die groſsen magnetisirten Stahlstäbe, welche bestimmt sind, sowohl die periodischen Veränderungen des tellurischen Magnetismus, als auch die absolute Intensität desselben zu messen, und die daher diesen Namen mit gröſserem Rechte verdienen, als die oben im Art. *Magnet* beschriebenen Apparate. S. Gauss in Schumacher's Jahrbuch für 1836. S. 28 ff.

Digitized by Google

aber immer noch ein gewisser dunkler Zweifel, ob nicht Magnetismus direct auf diese Nadeln wirke. Daſs dieses nicht der Fall sey, geht zwar schon aus dem Umstande hervor, daſs die Drähte, womit die beiden beschriebenen Apparate und der Anker des Magnets umwunden sind, durch dessen Abreiſsen und Anfügen die Magnetnadeln zur Abweichung gebracht werden, mit Seide umwickelt, mithin elektrisch isolirt seyn müssen, obgleich der Magnetismus einer solchen Isolirung nicht bedarf, auch kann man sich noch näher von einer solchen vorhandenen, ganz eigentlich elektrischen Strömung dadurch überzeugen, daſs bei dem zweiten beschriebenen Apparate, dem Cylinder von Pappe, die Wirkung auf die Magnetnadeln ausbleibt, sobald die fortgeführten, nicht mit Seide umwickelten Enden des um den Cylinder gewundenen Drahtes sich irgendwo unmittelbar berühren; dennoch aber war das Streben nach der Erzeugung eines elektrischen Funkens sehr natürlich, weil dadurch ein auffallender und unmittelbarer Beweis von wirklicher Erzeugung der Elektricität durch einen gemeinen Magnet gegeben wurde, abgesehn davon, daſs die Eigenschaften eines solchen Funkens und seine Identität mit denen, die auf sonstige Weise hervorgerufen werden, also die Gleichartigkeit der Magneto-Elektricität mit Reibungs- und Berührungs-Elektricität, hierdurch am besten dargethan werden konnte. Durch frühere Versuche war bereits bewiesen, daſs die Elektromagnete (durch einen umwickelten Rheophor magnetisch gemachtes weiches Eisen oder sogenannte temporäre Magnete) den bleibenden oder gemeinen Magneten rücksichtlich ihrer Wirkung vollkommen gleich seyen; gleichzeitig mit Faraday's Entdeckung oder ihr unmittelbar vorausgehend war aber, insbesondere durch die Versuche von Henry, Moll, Sturgeon und andere, aufgefunden worden, daſs durch zahlreiche Umwickelungen von dickem Drahte um gröſsere hufeisenförmige Eisenmassen selbst vermittelst kleiner Elemente der Volta'schen Kette ausnehmend starke Magnete erzeugt würden, und da man solcher für die magnetoelektrischen Erscheinungen bedarf, so muſste man hiernach geneigt seyn, sich deren vorzugsweise zu bedienen, wie dieses auch durch Faraday bei seinen ersten Versuchen geschah. Inzwischen wurde die Aufmerksamkeit wieder auf die Mittel gerichtet, gemeine Magnete von groſser Stärke zu verfertigen; man glaubte neue Erfah-

Digitized by Google

rungen hierüber gemacht zu haben, und sogar der Dr. Keil erregte an verschiedenen Orten deswegen ein unverdientes Aufsehen[1], weil dasjenige, was frühere Forscher hierin bereits geleistet hatten, wieder in Vergessenheit gerathen war, wie oben[2] durch v. Horner richtig bemerkt worden ist. Gegenwärtig bedient man sich beider Arten von Magneten willkürlich, je nachdem die eine oder die andere zweckmäſsiger ist.

Alle die verschiedenen magnetoelektrischen Funkenapparate zu beschreiben würde überflüssig seyn und es wird daher genügen, nur die vorzüglichsten derselben namhaft zu machen. Die Vorrichtung, deren sich Faraday bediente, möge nur des geschichtlichen Interesses wegen genannt werden. Sie bestand aus einem starken Elektromagnete, dessen Anker mit übersponnenem Kupferdrahte vielmal umwunden war, und der elektrische Funke zeigte sich, wenn man das eine Ende des letztern in Quecksilber einsenkte, das andere der Oberfläche des Quecksilbers sehr nahe hielt, in dem Augenblicke, wo der Anker geschlossen oder abgerissen wurde. Es war etwas mühsam und erforderte groſse Geschicklichkeit, das eine Ende des Drahtes der Quecksilberfläche so nahe zu bringen, als hierzu erfordert wurde, oder noch mehr, beide in dem nämlichen Augenblicke zur Berührung zu bringen oder von einander zu trennen, wenn das Schlieſsen oder das Abreiſsen des Ankers statt fand, in welchem Falle der Funke noch leichter zum Vorschein kam. Der Apparat, womit Nobili und Antinori ihre erwähnten Versuche anstellten, verdient daher den Vorzug[3]. Kurz beschrieben fanden sich an dem umwundenen Anker eines gemeinen Magnetes ein Paar federnde Läppchen von Metall, welche dazu dienten, die beiden Enden des Drahtes in dem nämlichen Augenblicke zur Berührung zu bringen, in welchem der Anker an die Schenkel des Magnets schlug oder von ihnen losgerissen wurde. Baumgartner[4] verbesserte diesen Apparat und man hat diese Construction

---

1 Bulletin. de l'Acad. R. des Sc. et Bell. Lett. de Bruxelles. 1832. Oct. N. 7. und Hachette in Bullet. de la Soc. Philom. Dec. 1832.

2 S. *Magnetismus*. Abschn. XV.

3 In der Antologia a. a. O.

4 Zeitschrift für Physik u. s. w. Th. I. S. 275. Hier findet man eine Beschreibung der sämmtlichen, bis dahin bekannten Apparate.

seitdem fast allgemein beibehalten, indem bloſs die Art des Abreiſsens des Ankers und die eigenthümlichen Vorrichtungen zur Bewirkung des gleichzeitigen Anschlagens der Drahtenden abgeändert wurden. Dal Negro[1] legte mehrere Spiralen von Kupferdraht horizontal auf ein Bret und schob dann die zugehörigen Magnete, die auf einem kleinen Wagen ruhten, in diese Windungen hinein, wodurch sowohl beim Hineinschieben als auch beim Herausziehen jedesmal ein Funke zum Vorschein kam, der sich bei rascher Bewegung schnell wiederholte. Auch der Apparat, dessen sich Forbes[2] zu seinen oben erwähnten Versuchen bediente, war zweckmäſsig construirt und hauptsächlich auch deswegen bequem, weil dabei abwechselnd Magnete von verschiedener Stärke angewandt werden konnten und man der Mühe, das eine Ende des umwundenen Kupferdrahtes mit der Hand zu halten, dabei nicht bedurfte.

Ist es bloſs darauf abgesehn, jederzeit mit Leichtigkeit, schnell und ohne sonstige bedeutende Vorrichtungen einen magnetoelektrischen Funken zu erhalten, so eignet sich dazu am besten derjenige Apparat, welchen Strehlke[3] und, übereinstimmend mit diesem, Faraday[4] angegeben haben und den man in verschiedener Gröſse, selbst für Privatpersonen und minder reich dotirte Cabinette geeignet, durch J. V. Albert in Frankfurt verfertigt zu 20 bis 40 Fl. im Preise bequem haben kann. Auf einem Brete AB ruht ein anderes CD und Fig. 225.
ist auf demselben in Nuten verschiebbar. Auf dem erstern ist vorn eine Unterlage E befestigt, auf welcher der Anker des Magnets, ein Parallelepipedon von Eisen, vermittelst zweier Schrauben a und b (wovon nur die erstere sichtbar ist) festgehalten wird. Zwischen den beiden messingenen Blechen $\alpha\beta$ und $\gamma\delta$, die über den Anker geschoben sind, ist letzterer mit übersponnenem Kupferdrahte vielmal umwunden. Die Enden dieses Drahtes werden zwischen den umgeschlagenen Enden der Streifen von Messing, welche auf dem vorspringenden

1 Annali delle Scienze del Regno Lombardo-Veneto. Daraus in Bibl. univ. T. XLIX. p. 377.

2 A. o. a. O. Vergl. Lond. and Edinb. Phil. Mag. No. 1. p. 49.

3 Poggendorff's Ann. XXV. 186.

4 Ebend. Aus Phil. Mag. N. S. T. II. p. 401.

Digitized by Google

Träger $\varepsilon\zeta$ lothrecht aufgerichtet und dann rechtwinklig umgebogen sind, festgehalten. Das eine Ende des Drahtes trägt eine kleine runde Kupferscheibe μ, das andere ist rechtwinklig umgebogen, so daſs seine Spitze ν die Mitte der Scheibe berührt. Beide, sowohl die Scheibe, als auch die Drahtspitze, werden mit salpetersaurer Quecksilbersolution oder, wenn dieses einmal geschehn ist, mit ein wenig Quecksilber amalgamirt[1], auch dient das Schräubchen s, die Halter beider durch Anziehn einander mehr zu nähern. Auf dem verschiebbaren Brete ist zwischen zwei verticalen Bretchen P, Q und einem horizontalen R der auf einer Unterlage ruhende Magnet vermittelst der Schraube n festgeschraubt. Der Magnet besteht aus fünf über einander liegenden Hufeisen, die durch die messingnen Bänder f, g, h zusammengehalten werden und wovon das mittelste Hufeisen etwas hervorsteht. Das messingne Band h hat hinten ein festgeschraubtes Stück Messing mit einem Loche, um einen Haken oder ein Band durchzuziehn und beim Abreiſsen des Magnets von seinem Anker eine gröſsere Gewalt anzuwenden. Wird dann der Magnet auf dem verschiebbaren Brete gegen den Anker gestoſsen oder schnell davon losgerissen, so federt in diesem nämlichen Augenblicke die Spitze ν des Drahtes, trennt sich von der Kupferscheibe, die es im Zustande der Ruhe berührt, und zwischen beiden zeigt sich der elektrische Funke.

Mit allen diesen und ähnlichen Apparaten können nur einzelne Funken erzeugt werden, die man zwar sofort als eigentliche elektrische erkennt, allein es lassen sich mit ihnen nicht alle Wirkungen der auf andere Weise hervorgerufenen Elektricität, namentlich die chemischen nicht, hervorbringen, und man war daher bedacht, die Zahl der schnell auf einander folgenden Funken zu vermehren oder wo möglich einen ununterbrochenen elektrischen Strom zu erhalten. Ein Ap-

---

1 Das Aufschütten weniger Tropfen Quecksilber ist bei elektrischen Experimenten oft erforderlich, zieht aber leicht ein Verschütten nach sich. Das beste Verfahren ist eine etwas weite Glasröhre unten in eine Spitze auszuziehn, in diese ein unten spitziges, mit Seide umwundenes Stäbchen zu schieben und Quecksilber hineinzugieſsen, wovon man ein beliebig kleines oder gröſseres Tröpfchen durch Lüften des Stäbchens aus der Spitze auslaufen lassen und an die erforderliche Stelle bringen kann.

Digitized by Google

parat, welcher der Lösung dieser Aufgabe mindestens näher kommt und vielleicht durch einige Verbesserungen noch mehr vervollkommnet werden könnte, ist durch Ritchie[1] angegeben worden. Ein hufeisenförmiger Magnet ist vertical gestellt auf einem starken Brete befestigt und der zugehörige Anker AB an dem Fig. kürzern Hebelarme D befestigt, welcher, in C beweglich, 226. am längern Arme E niedergedrückt oder herabgestoſsen wird, um den Anker vom Magnete abzureiſsen. Der Anker ist mit übersponnenem Kupferdrahte gehörig umwunden, dessen Enden m und n in die Gefäſse H und K herabgehn, die auſserdem durch den Draht a mit einander verbunden sind. Das Gefäſs H ist soweit mit Quecksilber gefüllt, daſs die Spitzen beider Drähte darin eintauchen und auch das Ende des Drahtes m bei der sogleich zu beschreibenden Bewegung nicht herausgezogen wird, das andere Gefäſs K ist aber oben mit einem Deckel geschlossen, um es von unten mit Knallgas zu füllen und dieses durch den erzeugten elektrischen Funken zu entzünden[2]. Beim Aufliegen des Ankers berührt die Spitze des Drahtes n das etwas abgeplattete Ende des Drahtes a, welche beide amalgamirt sind, wenn aber der Anker durch einen Stoſs auf den Hebelarm E abgerissen wird, so trennen sie sich gleichzeitig und der Funke kommt zwischen ihnen zum Vorschein. Der Draht n ist im Deckel des Gefäſses K soweit luftdicht verschiebbar, als erfordert wird, damit das Knallgas aus demselben nicht entweicht, was jedoch kein genaues Schlieſsen und daher auch keine groſse Reibung erfordert.

In der zweiten Hälfte des Jahres 1832, zu der nämlichen Zeit, als Pixii mit der Construction seines sogleich näher zu beschreibenden Apparates beschäftigt war, oder wohl noch etwas früher, lieſs auch Ritchie[3] eine Vorrichtung herstellen, vermittelst deren er schnell auf einander folgende Funken zu erhalten vermochte. Auf einem Brete AB ist ein ge- Fig. meiner Stahlmagnet M vertical aufgerichtet und hinlänglich be- 227.

---

1 Lond. and Edinb. Phil. Mag. N. XX. p. 105. Abgekürzt in Poggend. Ann. XXXII. 541.

2 Nach der überhaupt nur rohen Originalzeichnung hängen die Gefäſse am Anker; ich habe aber dieses und einiges andere abgeändert.

3 Phil. Trans. 1833. P. II. p. 313.

festigt. Durch die zwei starken Säulen C und D, die mit den Schenkeln des Magnets in einer verticalen Ebene liegen, geht eine hölzerne, vermittelst einer Handhabe drehbare Axe, auf welcher die beiden hölzernen Scheiben ab und cd festsitzen. Durch die beiden hölzernen Scheiben sind vier Cylinder von weichem Eisen so gesteckt, daſs sie beim Umdrehen der Axe mit den Schenkeln des Magnets fast zur Berührung kommen oder so nahe, wie möglich, über sie hingleiten. Die Cylinder sind mit isolirten Streifen Kupferblech oder mit umsponnenem Kupferdraht umwickelt und von jeder dieser Umwickelungen, deren zwei bei r und r′ in der Zeichnung sichtbar sind, gehn die entsprechenden Enden durch die hölzerne Scheibe cd bis zur Kupferscheibe ef, so daſs sie bei stattfindender Drehung gepreſst über dieser hingleiten. Sowohl die Enden dieser vier Drähte, als auch die Kupferscheibe sind der leitenden Berührung wegen amalgamirt. Die andern Enden der Drähte sind durch die Axe geführt, wie aus der Figur ersichtlich ist, umgebogen und pressen auf gleiche Weise gegen den kupfernen, gleichfalls nebst den ihm zugehörigen Drahtenden amalgamirten Ringsector gh. Solche Sectoren von amalgamirtem Kupferblech, die mit andern von Holz, Elfenbein oder Glas wechseln und also neben einander liegend eine ebene Scheibe bilden, sind sehr geeignet, die elektrische Leitung schnell abwechselnd zu unterbrechen und wieder herzustellen, was bei magnetoelektrischen Versuchen oft erfordert wird[1]. Von diesem sowohl, als auch von der Kupferscheibe gehn angelöthete Drähte in zwei kleine Gefäſse mit Quecksilber herab, durch welche demnach die Verbindung zwischen den einander zugehörigen je vier Kupferdrähten hergestellt werden kann. Wird die Scheibe vermittelst der Axe schnell umgedreht, so wird jeder Anker im Augenblicke der Berührung oder Annäherung des Magnets M magnetoelektrisch erregt und theilt die hierdurch erzeugte Elektricität der Kupferscheibe und dem Ringsector, vermittelst dieser aber dem Quecksilber in den beiden Gefäſsen mit. Bei der Trennung der Anker von den Schenkeln des Magnets wird die entgegengesetzte Elektricität hervorgerufen, dadurch aber der elektrische Strom jedesmal umgekehrt, so daſs nur wechselnde Funken zum Vorschein

1 Vergl. unten *Blitzrad* u. *Commutator*.

kommen können, was namentlich ihre chemischen Wirkungen bedeutend hindert; ehe jedoch die Trennung erfolgt, ist schon der Draht von dem Ringsector abgeglitten und die entgegengesetzten Funken kommen daher nicht zum Vorschein, vielmehr kommt unmittelbar nach dem Abgleiten des einen Drahtendes vom Ringsector schon das folgende mit dem ihm zugehörigen in Berührung, so daſs die elektrische Strömung nach der nämlichen Richtung fast ohne Unterbrechung fortdauert. Die Galvanometer-Nadel wird hierdurch in steter Ablenkung erhalten, auch kann man dadurch einen Draht um einen Magnet zum Rotiren bringen. Befestigt man bei gh eine auswärts nach Art einer Säge eingeschnittene Kupferscheibe, so daſs die zugehörigen Drahtenden abwechselnd mit diesen Zähnen in Berührung kommen, und verbindet man diese Scheibe mit der gegenüberstehenden ef leitend, so kommen auf nahe einem Quadranten rasch folgende elektrische Funken zum Vorschein, deren Zahl sich noch vermehren lieſse, wenn man vier Magnete statt eines wählte.

Es scheint mir, als ob dieser Apparat, mit gehörigem Kunstfleiſse und in groſsem Maſsstabe ausgeführt, vor allen andern bisher angegebenen den Vorzug haben könnte; inzwischen unterliegt es keinem Zweifel, daſs die von Pixii nach und nach in verschiedener Gröſse verfertigten bis jetzt am meisten geleistet haben. Mir sind von demselben nur unvollständige Zeichnungen bekannt, auch läſst er sich nicht leicht mit genügender Deutlichkeit darstellen; inzwischen habe ich mehrere Exemplare desselben gesehen, den gröſsten im *Conservatoire des Arts,* und Dulong hatte die zuvorkommende Güte, mir die damals (Ostern 1833) noch nicht allgemein bekannten Erscheinungen, die sich mittelst desselben hervorbringen lassen, zu zeigen. Der erste Apparat von Pixii[1] war nur in einem kleinern Maſsstabe ausgeführt, jedoch hatte er im Wesentlichen die nämliche Einrichtung, als die späteren gröſsern, und eine Zeichnung, wenn gleich nicht in allen Stücken ausgeführt, genügt leicht, um eine Vorstellung davon zu erzeugen. Ein Magnet M von 210 mm (7,75 Z.) Höhe, 35 mm Fig.
(16 Lin.) Breite und 10 mm (4,5 Lin.) Dicke ist mit aufwärts 228.
gerichteten Schenkeln auf einem drehbaren Gestelle stark be-

1 Ann. Chim. Phys. T. L. p. 322.

festigt. Ueber seinen 20 mm (9 Lin.) von einander abstehenden Schenkeln ist ein Hufeisen E von weichem Eisen, 15 mm (7 Lin.) im Durchmesser haltend und 80 mm (3 Zoll) hoch, an einem eigenen Gestelle unbeweglich angeschraubt. Auf die runden Schenkel des Hufeisens sind unten auf jeden ein hohler Cylinder von dünnem Messingblech, mit zwei am obern und untern Ende befindlichen vorstehenden Scheiben, über etwas untergelegten Taffent, so geschoben, daſs die untern Scheiben mit der Fläche des Eisens fast in einer Ebene
Fig. 229. liegen. Die Zeichnung stellt diese Hülsen nebst ihrer Umwickelung dar, und sie sind deswegen sehr bequem, weil man eine Menge Drahtwindungen über einander legen kann, ohne daſs sie herabgleiten; auch lassen sich die Hülsen abnehmen, zu sonstigen Zwecken gebrauchen und mit andern vertauschen, jedoch wird die Intensität der Wirkung nach den Untersuchungen von Lenz nicht sowohl durch den gröſsern Abstand vom Eisen (wegen der zwischenliegenden Hülse), als vielmehr durch die gröſsere Länge der Drahtwindungen nicht unmerklich geschwächt. Die äuſsersten Enden des mit Seide übersponnenen Kupferdrahtes, dessen eine Hälfte um die erste Hülse, dann ohne Unterbrechung die andere um die zweite Hülse in der nämlichen Richtung gewickelt werden muſs, nachdem sie der bessern Leitung wegen auf die bekannte Weise amalgamirt worden sind, werden einer blanken Quecksilberfläche möglichst nahe gehalten oder das eine Ende wird in letzteres Metall eingetaucht, das andere seiner Oberfläche sehr nahe gebracht. Wird dann der Magnet vermittelst eines Getriebes, worin ein Rad mit einer Kurbel eingreift, in schnelle Drehung um seine verticale Axe gesetzt, so gleiten seine Schenkel sehr nahe, fast berührend, unter den Endflächen des Hufeisens hin und rufen in diesem den Magnetismus hervor, welcher einen elektrischen Strom in dem umgewundenen Kupferdrahte erzeugt, der in einem elektrischen Funken vom einen Ende an das andere überspringt.

Der bei dieser ersten Maschine in Anwendung gebrachte Magnet wog 2 Kilogr. und zog 15 Kilogr., die Länge des Kupferdrahtes aber war 50 Meter und sein Gewicht nur $\frac{1}{2}$ Pfund. Pixii führte indeſs sehr bald andere Exemplare in gröſserem Maſsstabe aus, namentlich den Apparat, womit Hachette die Zersetzung der Wassers bewerk-

Digitized by Google

stelligte[1]. Hierbei bestand der Magnet aus zwei Schienen, deren jede 25 ℔. trug und die zusammen 8 ℔. wogen. Das Hufeisen war cylindrisch, sein Querschnitt betrug 40 mm (1,5 Z.), seine Höhe 200 mm (7,4 Z.), die Centra seiner Endflächen standen 110 mm (4 Z.) von einander ab und der umgewundene, besponnene Kupferdraht von 4 ℔. Gewicht hatte eine Länge von 400 Meter (1233 F.). Der Magnet machte 10 Umdrehungen in einer Secunde und die Menge des zersetzten Wassers war der Schnelligkeit der Umdrehungen proportional. Einen noch gröſsern Apparat, wofür Pixii vom Institute eine goldene Medaille, 300 Francs an Werth, erhielt, benutzte Ampère zu seinen Versuchen[2]. Der dazu gehörige Magnet besteht auf fünf über einander liegenden Theilen, die an den Enden durch einen Schuh von weichem Eisen so verbunden sind, wie man aus der Zeichnung ersieht, worin Fig.
a, b, c, d, e die von der Seite gesehenen fünf vereinigten 230.
Magnete bezeichnen. Die Tragkraft des Magnets ist 200 ℔., die Länge des in 4000 Windungen umgewundenen übersponnenen Kupferdrahtes beträgt 1000 Meter (3078 F.) und in eben diesem Verhältnisse sind auch die übrigen Theile vergröſsert. Die vermittelst desselben erhaltenen Wirkungen waren 1) ein steter Strom lebhafter Funken; 2) starke Erschütterungen; 3) hielt man die Hände in ein Gefäſs, welches mit gesäuertem Wasser gefüllt war, worin die Drahtenden tauchten, so verspürte man Erstarrung und unwillkürliche Bewegung der Finger; 4) die Goldblättchen eines am Volta'schen Condensator angebrachten Elektrometers divergirten stark; 5) Wasser, welches zur bessern Leitung mit etwas Schwefelsäure versetzt war, wurde mit rascher Gasentwickelung in seine Bestandtheile zerlegt. Dieser Apparat, im Preise von 1200 Fr., befindet sich im *Collège de France*, ein anderer, dessen Magnet nur die halbe Tragkraft hat, 700 Fr. an Werth, in der *École polytechnique*, ein dritter, dessen Magnet nur den vierten Theil der Tragkraft besitzt, 500 Fr. im Preise, ist Eigenthum der *École de Médecine*, und von dieser Art sind bereits viele verfertigt worden, ja selbst kleinene für 180 Fr., womit jedoch die Wasserzersetzung nicht gelingt.

---

1 Ann. Ch. et Phys. T. LI. p. 72.

2 Ebend. p. 76.

Digitized by Google

Bei der Verbindung des Ankers mit dem Magnete wird die entgegengesetzte Elektricität hervorgerufen, als beim Losreiſsen desselben, und hiernach müſste also jederzeit ein Wechsel des elektrischen Stroms stattfinden, wenn die Pole des gedrehten Magnetes die Schenkel des Ankers berühren und wenn sie sich wieder davon entfernen, so daſs bei der Wasserzersetzung an jedem Drahtende abwechselnd beide Gasarten zum Vorschein kommen müſsten. Es scheint jedoch, als ob das Vorübereilen der Magnetpole unter den Schenkeln des Ankers zu schnell erfolgt, auch mag wohl ein Unterschied dadurch bedingt werden, daſs keine wirkliche Berührung, mithin auch kein eigentliches Losreiſsen statt findet, sondern daſs der Anker durch das schnelle Hinfahren des Magnetpols unter seinem Schenkel, ohne eigentliche Berührung, nur einseitig magnetisch disponirt wird. Allein durch das Umdrehen des Magnets um seine verticale Axe wird dem nämlichen Schenkel des Ankers zuerst der eine und dann der andere Pol genähert und es muſs durch diesen steten Wechsel auch eine Umkehrung des elektrischen Stromes erzeugt werden, mithin die Art des durch Wasserzersetzung erzeugten Gases wechseln. Um diesen Uebelstand zu vermeiden, brachte man zuerst eine von Ampère angegebene Vorrichtung an, durch welche die Drähte abwechselnd in entgegengesetzte Rinnen mit Quecksilber tauchten. Allein bei der schnellen Bewegung wurde dieses Metall herausgeschleudert. Pixii substituirte daher amalgamirte Kupferstreifen, die mit den gleichfalls amalgamirten Drahtenden in Berührung sind, von denen bei jeder halben Drehung des Magnets je zwei durch ein abgerundetes Kupferblech zur Seite gedrückt werden und sofort durch den Druck elastischer Federn wieder zurückspringen. Indem hierdurch die Richtung der Drähte stets wechselt, so hebt dieser Wechsel den des elektrischen Stromes auf; der Mechanismus ist sehr zweckmäſsig, erzeugt jedoch ein unangenehmes Klappern. Auf diese Weise wurden die beiden Gase an jedem Drahtende abgesondert erhalten, auch ging unter übrigens gleichen Bedingungen die Wasserzersetzung schneller vor sich; hingegen war für die andern Erscheinungen, als Funken, Erschütterung u. s. w., kein Unterschied wahrnehmbar.

Aus den mitgetheilten Beschreibungen der bekanntesten magnetoelektrischen Apparate kann im Allgemeinen entnommen

werden, was man durch dieselben zu erreichen wünschte, nämlich durch Schlieſsung und Trennung des Ankers eines starken Magnetes schnell auf einander folgende starke elektrische Funken, bis zum Uebergange zu einem eigentlichen elektrischen Strome, zu erlangen. Schwerlich wird man sich mit den bis jetzt ausgeführten begnügen, um so weniger, als die stärksten derselben, die von Pixii verfertigten, theuer sind (300 bis 1200 Francs) und wegen des beständig wiederholten Stoſsens nothwendig bald wankend werden müssen. Unter den sonst noch in Vorschlag gebrachten, deren Beschreibung ich hier übergehe, verdient der durch Pohl[1] ausgeführte, wobei ein starker Elektromagnet die verlangte Wirkung erzeugt, vorzügliche Berücksichtigung; jedoch scheint mir ein Stahlmagnet für diesen Zweck vorzüglicher zu seyn, um die Wechselwirkung zwischen Magnetismus und Elektricität mehr hervorzuheben. Auſserdem können noch die vorgeschlagenen Apparate von einem Ungenannten[2], von Nobili[3], von Faraday[4] für den bloſsen elektrischen Funken und von Saxton[5] wenigstens beiläufig erwähnt werden, deren Zahl sich ohne Zweifel noch vermehren lieſse, wenn es sich anders der Mühe lohnte, alle zerstreute Angaben hierüber zu sammeln. Die der Mechanik vorliegende Aufgabe ist, einen beständigen oder einen temporären Magnet von vorzüglicher Stärke in schnellen Wechseln mit einem Anker in Berührung zu bringen, welcher mit einem, durch Ueberspinnung mit Seide elektrisch isolirten Kupferdrahte vielmal umwunden ist, und wenn dieses durch Umdrehung des Magnetes oder des Ankers geschieht, wonach also die Pole stets wechseln, den hierdurch gleichfalls jedesmal wechselnden elektrischen Strom umzukehren, damit an den einander genäherten Enden jenes Drahtes stets die nämliche Elektricität im elektrischen Funken erhalten werde. Für den letztern Zweck wendet man einen *Gyrotrop* oder wohl zweckmäſsiger den durch Jacobi erfundenen *Commutator* an. Am geeignetsten dürfte es seyn, sich eines beständigen Magnets zu bedienen, diesen und den hufeisenförmigen Anker in

1 Poggend. Ann. XXXIV. 185.
2 Edinb. Phil. Magaz. No. II. p. 163.
3 Antologia di Firenze. 1833.
4 Lond. and Edinb. Phil. Mag. N. XXIX. p. 350.
5 Turner's Elements of Chimistry. 5th ed. p. 185.

Digitized by Google

eine horizontale Ebene zu legen, den Magnet umzudrehn, so daſs seine Schenkel vor denen des Ankers hingleiten, die Enden der Drähte, welche um die Schenkel des Ankers gewunden sind, in kleine Gefäſse mit Quecksilber zu tauchen, aus diesen eine Leitung nach einem Commutator herzustellen, welcher sich auf derselben Axe befindet, vermittelst deren der Magnet seine Umdrehung erhält, und auf diese Weise in den vom Commutator ausgehenden Drähten einen fast ununterbrochenen elektrischen Strom von stets gleicher Richtung zu erhalten. Wie verlautet, werden bereits ähnliche Apparate in England verfertigt, jedoch ist mir bis jetzt noch keiner von dieser Art zu Gesichte gekommen. Man wird künftig diejenige Construction wählen, wodurch die gewünschten Zwecke sich am leichtesten und sichersten erreichen lassen.

Ein interessanter Apparat, dessen Beschreibung ohnehin als Ergänzung des Abschnittes über *Rotationsmagnetismus* (Abschn. VII.) dienen kann, wurde gleich anfangs durch Faraday[1] hergestellt und nachher wiederholt mit dem Namen einer neuen *Elektrisirmaschine* bezeichnet, welcher auch insofern nicht unpassend ist, als ein fortwährender elektrischer Strom dadurch erzeugt wird. Bekanntlich hat Arago die Entdeckung gemacht, daſs eine um ihre Axe rotirende Kupferscheibe eine über ihr schwebende Magnetnadel in Bewegung setzt[2], woraus Faraday richtig folgerte, daſs die Scheibe durch den ihr genäherten Magnet selbst magnetisch werde und daſs daher in Folge der Wechselwirkung zwischen Elektricität und Magnetismus Elektricität durch dieselbe erregt werden müsse. Diesemnach nahm er zwei aus mehrern Magnetstäben vereinte magnetische Batterieen, deren Tragkraft über 100 ℔. betrug, vereinigte ihre Polarenden N und N durch zwei
Fig. einander sehr genäherte Eisenstäbe s und s, brachte zwischen
231. diese die vertical gestellte Kupferscheibe k und setzte die letztere durch eine Kurbel in eine schnelle Rotation um ihre horizontale Axe. Die Kupferscheibe war an der einen Seite der bessern Leitung wegen stark amalgamirt und ebenso ein

1 Dessen ausführliche Abhandlung über Elektricität und Magnetismus in Phil. Trans. 1832. p. 125 ff. 1833. p. 23. 507. 1834. p. 55. und daraus in den meisten physikal. Zeitschriften.

2 S. *Magnetismus.* Abschn. VII. *Rotationsmagnetismus.*

Digitized by Google

Theil ihrer Axe. Mit dieser Stelle wurde das Ende eines amalgamirten Kupferdrahtes in Berührung gebracht, das andere Ende desselben mit der Hand gegen die Fläche der Scheibe gedrückt, so daſs er beim Umlaufe der letztern stets daran rieb. Die andern Enden dieser Drähte waren an die Enden A und B eines Schweigger'schen Multiplicators gelöthet, Fig.
zwischen dessen Oeffnung die eine der beiden Nobili'schen 232.
Nadeln sn an einem Cocon-Faden a leicht beweglich herabhing. Bei schneller Drehung der Scheibe erfolgte eine Ablenkung der Nadeln von fast 90° und bei vorsichtiger Anstellung des Versuchs wurde eine bleibende Ablenkung der Nadeln von 45° bewerkstelligt, was auf einen fortdauernden elektrischen Strom zu schlieſsen berechtigt[1]. Wurde die Scheibe in entgegengesetzter Richtung gedreht, so war die Ablenkung der Nadeln gleichfalls die entgegengesetzte, woraus also eine Umkehrung der Richtung des elektrischen Stroms folgt; überhaupt aber läſst sich der Versuch rücksichtlich der Lage und Drehung der Scheibe, sowie der Zahl und der Art der durch die Conductoren berührten Stellen vielfach abändern, wie Faraday[2] ausführlich untersucht hat, um die wechselnde Richtung des erzeugten elektrischen Stromes je nach der Verschiedenheit der Bedingungen genauer zu ermitteln. Vorzügliche Aufmerksamkeit verdient dabei das Resultat (§. 149.), daſs die horizontale oder in einer auf die Axe der Neigungsnadel lothrechten Ebene befindliche Kupferscheibe durch den bloſsen tellurischen Magnetismus und ohne Hinzukommen eines sonstigen Magnetes so stark magnetisch wurde, daſs die durch ihre Drehung erzeugten elektrischen Ströme, durch die fortleitenden Kupferdrähte dem Multiplicator zugeführt, eine merkliche Ablenkung der Magnetnadeln bewirkten.

Noch verdienen drei Hülfsapparate erwähnt zu werden, welche bei magnetoelektrischen und überhaupt bei elektrischen Versuchen von wesentlichem Nutzen sind, nämlich der Gyrotrop, der Commutator und das Blitzrad. Der erste derselben, der *Gyrotrop* (von *γῦρος* Kreis und *τρέπω* ich wende), dient dazu, den Kreislauf des elektrischen Stromes zu wenden,

1 Vergl. Sturgeon in Lond. and Edinb. Philos. Mag. No. XII. p. 446.

2 S. dessen mehrerwähnte Abhandlung.

Digitized by Google

und ist erforderlich, wenn der Strom der Elektricität stets die nämliche Richtung behalten soll, ungeachtet die Elektricitäten beim Anlegen und Abreiſsen des Ankers oder wenn letzterer durch Umdrehung des Magnets mit den entgegengesetzten Polen verbunden wird, jedesmal wechseln. Soll in diesem letztern Falle die Strömung der Elektricität an einer gegebenen Stelle ihres Kreises fortdauernd unverändert bleiben, z. B. da, wo die Wasserzersetzung statt findet, so muſs an einer andern eine Vorrichtung angebracht werden, die denselben in dem Augenblicke umkehrt, in welchem der angegebene Wechsel erfolgt, damit beide einander entgegengesetzte Wechsel den gleichmäſsigen Kreislauf wieder herstellen. Im Allgemeinen kann dieses nur dadurch geschehn, daſs die Richtung der die Elektricitäten zuleitenden Drähte gewechselt wird, so daſs sie bei eintretender Strömung der entgegengesetzten Elektricität diese sofort dem hierfür ausschlieſslich bestimmten Leiter zuführen. Die Aufgabe hätte an sich keine Schwierigkeit, allein da bei der Erregung der Elektricität durch Induction dieser Wechsel momentan eintritt und man zur Wasserzersetzung auſserdem eine rasche Folge von Funken bedarf, so muſs die Umkehrung des Stroms ebenso schnell und gleichzeitig mit jenem Wechsel erfolgen, was dann die Aufgabe zur Construction des Gyrotrops giebt, die auf verschiedene Weise gelöst wurde. Ein solcher Gyrotrop ist daher an der beschriebenen Maschine von Pixii angebracht, einen andern hat Pohl[1] mit seinem hydroelektrischen Apparate für die hierdurch erzeugte Elektricität durch Induction verbunden u. s. w.; im Allgemeinen wählt man Bügel von Kupferdraht oder Kupferblechscheiben, welche, an ihren Enden amalgamirt, bei abwechselnder Hebung und Senkung in kleine Becher mit Quecksilber eintauchen oder mit amalgamirten Kupferstreifen zur Berührung kommen. Eine der einfachsten Vorrichtungen dieser Art ist
Fig. 233. folgende. Auf einem horizontalen Brete AB ist am einen Ende eine etliche Zoll hohe Säule oder ein Parallelepipedon C vertical aufgerichtet. Durch dieses geht ein kürzerer, etwa einen Zoll über die Oberfläche des Bretes erhobener, horizontaler Draht βn mit dem Bügel dc von Kupferdraht und einer Scheibe am Ende n, in welche oben nur etwa 3 Zähne eingeschnitten

1 Poggendorff's Ann. XXXIV. 185.

sind. In diese greifen die Zähne des Rädchens m, welches an dem etwa zwei Zoll über der Fläche des Bretchens horizontal hinlaufenden, am andern Ende umgebogenen Drahte αm befestigt ist. Dieser Draht trägt gleichfalls einen Bügel ab, dessen Enden, ebenso wie die des Bügels dc, amalgamirt sind. Alle vier berühren abwechselnd zu je zweien die amalgamirten Kupferbleche $\gamma\delta$ und $\varepsilon\zeta$, welche auf dem Bretchen an beiden Seiten und von einander getrennt befestigt sind. Indem aber die beiden gekrümmten Enden α und β der Drähte, deren Scheiben m und n mit ihren Zähnen in einander greifen, in kleinen Bechern mit Quecksilber oder auf amalgamirten Kupferblechen ruhn, die den elektrischen Strom leiten, so werden die Bügel dieser Drähte bei einer geringen Drehung einer der gezahnten Scheiben m oder n mit ihren entgegengesetzten Enden sich heben und herabsenken, dadurch aber die Richtung des elektrischen Stroms umkehren. So geht also beispielsweise der positiv elektrische Strom von dem Bleche $\gamma\delta$ aus durch das niedergesenkte Ende des Bügels a und dessen Draht bis α, von hieraus aber zu dem bestimmten Apparate, von wo aus er nach β und durch das niedergesenkte Ende d des Bügels dieses Drahtes zum Kupferbleche $\varepsilon\zeta$ gelangt; nach einer Wendung des Gyrotrops dagegen nimmt er den umgekehrten Weg von demselben Bleche aus durch den niedergesenkten Bügel c nach dessen Drahte β, von hieraus durch den Apparat zurück nach α und dem niedergesenkten Bügel b. Der Strom ist also ein umgekehrter, und wenn der Wechsel der Elektricität mit dieser Umkehrung des Stromes zusammenfällt, so heben sich beide auf und die Richtung einer der beiden Elektricitäten bleibt stets die nämliche. Eine weitere Aufgabe ist dann, beide Wechsel bei einem bestimmten Apparate zusammenfallen zu machen, die auf eine für jeden einzelnen gegebenen Fall geeignete Weise gelöst werden muſs.

Ein zweiter sinnreich construirter Apparat, welcher die ähnliche Vorrichtung bei Ritchie's oben erwähnter Maschine weit übertrifft, ist der *Commutator*, den man jedoch mit vollem Rechte gleichfalls Gyrotrop nennen könnte. Jacobi[1] in

---

1 Mémoire sur l'application de l'électromagnetisme au mouvement des machines par M. H. Jacobi. Potsdam 1835. p. 13.

Digitized by Google

Königsberg erfand denselben, um bei seiner Maschine, deren Zweck ist, die Anziehung eines Elektromagneten als mechanisches Mittel zu gebrauchen, den elektrischen Strom der magnetisirenden hydroelektrischen Kette durch die erzeugte Bewegung umzukehren und dadurch augenblicklich die Anziehung in Abstoſsung in Folge der veränderten Polarität zu verwandeln. Da es hier nur darauf ankommt, seine allgemeine Anwendbarkeit zur Umkehrung des elektrischen Stromes hervorzuheben, so genügt eine Beschreibung desselben abgesondert von derjenigen Maschine, für welche er zunächst bestimmt wurde. Fig. 234. Auf einer drehbaren Axe A befinden sich vier Scheiben von Kupfer a, b, c, d, in deren polirte Ränder zwei, drei oder vier, auch mehr, nichtleitende Stücke Buchsbaumholz, Ebenholz, Elfenbein, Knochen, Glas oder einer sonstigen schlecht leitenden und hinlänglich harten Substanz eingefügt sind. Die Ränder der Scheiben müssen dann glatt abgeschmirgelt seyn, damit die umgebogenen Enden der Kupferstreifen, die durch ihr eigenes Gewicht auf ihnen ruhn oder vermittelst einer nicht starken Feder gehörig gegen sie drücken, leicht über sie hingleiten. Die andern rechtwinklig herabgebogenen Enden dieser Streifen sind in kleine Becher mit Quecksilber herabgesenkt, mit welchem sie nach vorhergegangener Amalgamation vermittelst salpetersauren Quecksilbers in vollständig leitender Verbindung stehn. Von diesen vier Bechern sind die beiden mittlern und die beiden äuſsersten durch in das Quecksilber eingesenkte Kupferdrähte leitend verbunden, jedoch kann nach den vorhandenen Bedingungen auch jede andere Verbindung derselben hergestellt oder aller leitende Zusammenhang zwischen ihnen aufgehoben seyn. Auf gleiche Weise werden in zwei derselben oder in alle vier die amalgamirten Enden derjenigen Drähte eingesenkt, durch welche der elektrische Strom geleitet werden soll, deren zwei α und β in der Zeichnung sichtbar sind. Wenn dann die Scheiben vermittelst der Axe oder auf irgend eine andere Art, wie z. B. durch ebensolche Kupferstreifen, als die vier in der Zeichnung befindlichen, und diesen gegenüberstehende, beide elektrische Ströme aufnehmen, so werden sie diese nur durch diejenigen Kupferstreifen fortleiten, welche den metallischen Rand berühren, und wenn also die Axe umgedreht wird, so muſs jeder diese Ströme unterbrochen werden, so lange der

Kupferstreifen über der isolirenden Substanz hingleitet. Es leuchtet von selbst ein, daſs durch diese sehr zweckmäſsig ersonnenen und leicht ausführbaren Mittel eine Menge Combinationen der wechselnden Leitung und Isolirung gegeben sind.

Der dritte Apparat ist das *Blitzrad* des Dr. Neef. Der Name dieses interessanten Apparates ist daher entnommen, daſs er den elektrischen Strom in schellstem Wechsel unterbricht und seine Continuität in den kürzesten Zeitintervallen aufhebt und wieder herstellt, so wie auch der Blitz, ungeachtet der Schnelligkeit seiner Bewegung, kein Continuum seyn soll. Aus der geometrischen und perspectivischen Zeichnung erkennt Fig.
man leicht die Construction des Apparates, bei welchem eine 235.
ebene, horizontal auf einer verticalen Axe drehbare Kupfer- u. 236.
scheibe den Hauptheil ausmacht. Der Durchmesser dieser Scheibe beträgt 6,5 par. Zoll, ihre Dicke 1,25 bis 1,5 Lin. und ihre Höhe über dem Fuſsbrete AB ungefähr 3 Zoll; der äuſserste Rand derselben ist wegen gröſserer Dauerhaftigkeit bis auf etwa 2 Linien Breite ohne Einschnitt, von da an aber ist die Scheibe mit 10 Lin. (in der Richtung ihrer Halbmesser) langen und 2 bis 2,5 Lin. breiten Einschnitten versehn, die mit Ebenholz, Elfenbein, Glas, Achat oder einer sonstigen nicht leitenden, aber hinlänglich harten Substanz ausgefüllt und zwischen denen ebenso an Länge und Breite gestaltete Streifen der Kupferscheibe stehn geblieben sind. Ein vorzügliches Erforderniſs ist dann, daſs die Oberfläche der Scheibe vollkommen glatt abgeschmirgelt sey, damit der Streifen Kupferblech abcd, welcher bei a herabgebogen die Scheibe berührt, bei b rechtwinklig über den Rand der Scheibe ohne Berührung desselben herabgebogen, bei c auf dem Fuſsbrete mit zwei Schrauben befestigt und mit dem amalgamirten Ende d in eine mit Quecksilber gefüllte Vertiefung t herabgesenkt ist, während der Umdrehung der Scheibe ohne Widerstand über die wechselnden Streifen des leitenden Kupfers und der eingelegten nicht leitenden Substanz hingleite. Die Axe, um welche die Scheibe vermittelst des Knopfes m oder für gröſsere, wohl unnöthige Schnelligkeit vermittelst einer um den aufgesteckten hölzernen Würtel geschlungenen, durch ein Rad getriebenen endlosen Schnur gedreht wird, erhält die gehörige Festigkeit durch den Bügel $\alpha\beta\gamma\delta$; sie ist von Kupfer und

Digitized by Google

leitend an die Scheibe gelöthet, hat unten eine stählerne Spitze, die der geringern Reibung wegen in einer Vertiefung von Achat läuft, allein dennoch reicht der untere kupferne und amalgamirte Theil derselben in das Quecksilber herab, welches sich in der Vertiefung s befindet. Wird dann der Draht des einen Pols einer elektrischen Säule in das Quecksilber des Gefäſses s gesenkt, der des andern in dasjenige, welches sich in der Vertiefung t befindet, so ist leitende Verbindung zwischen beiden hergestellt, wenn das herabgebogene Ende a des Kupferstreifens das Kupfer der Scheibe berührt, dagegen isolirt, wenn es über einem der eingelegten Streifen ruht. Befindet sich dann ein Mensch im Kreise des Rheophors dadurch, daſs er mit nassen Fingern zwei Enden des Drahtes berührt, welcher zum Gefäſse t oder s leitet, und wird der elektrische Strom durch Umdrehung der Scheibe in mehr oder minder schnellen Wechseln unterbrochen, so entsteht auch bei einer kleinen Säule die Empfindung eines Bebens in den Gliedern, wie im Strome einer starken elektrischen Säule. Hieraus scheint zu folgen, daſs der elektrische Strom stets wellenartig fortschreitet, wie man jedoch nur bei starken Säulen wahrnimmt, und so sehe ich hierin eine Bestätigung des unlängst von mir ausgesprochenen wichtigen Satzes, daſs allgemein jede Flüssigkeit, sey sie tropfbar, elastisch oder ätherisch, sich in Undulationen bewegt, sobald sie Widerstand findet[1].

Aus dem bisher Mitgetheilten geht hervor, daſs die durch den Magnetismus des Stahls erzeugte Elektricität alle diejenigen Eigenschaften und Wirkungen zeigt, wodurch sich die Reibungs- und die Berührungselektricität kenntlich macht. Nobili und Antinori wandten bei ihren ersten Versuchen präparirte Froschschenkel als feinste Elektrometer an und bewiesen dadurch, daſs das nach Faraday's Erfindung durch Induction erzeugte Fluidum die nämlichen physiologischen Wirkungen äuſsere, welche den Galvanismus ursprünglich

1 Die beiden zuletzt beschriebenen Apparate sind sehr ähnlich und es könnte wohl der eine auf die Idee des andern geführt haben. Beide Erfindungen sind jedoch unabhängig von einander gemacht worden, denn Jacobi hat die Vorrede zu seiner Schrift aus Königsberg am 20. August datirt und Neef seine Maschine schon am 16. Sept. 1835 mit zur Versammlung der Naturforscher nach Bonn genommen.

Digitized by Google

kenntlich machten. Ebendieselben erhielten den elektrischen Funken, jedoch nur als eine Bestätigung dessen, was Faraday bereits gesehn hatte. Nicht lange nachher gelang selbst die Wasserzersetzung. Auſser den gröſsten Versuchen dieser Art in Paris, wovon bereits oben die Rede war, beschrieb ein bloſs P. M. sich unterzeichnender Gelehrter in einem Briefe an Faraday einen Apparat, vermittelst dessen ihm die Zersetzung des Wassers gelungen war, und Botto zu Turin bewirkte sie mittelst einer Vorrichtung, wie Nobili gleich anfangs gebraucht hatte[1]. Ebenso fand Marianini[2] die chemischen Wirkungen der so erzeugten Elektricität durch seine Versuche bestätigt, Watkins[3] aber, indem er sich eines starken Magnets bediente und die Enden des um seinen Anker gewundenen Drahtes mit der obern und untern Fläche der Zunge in Berührung brachte, erzeugte durch wiederholtes Abreiſsen und Schlieſsen des Ankers Empfindungen, die mit der Zeit sogar schmerzhaft wurden.

Die hier mitgetheilte Uebersicht der Thatsachen genügt, um diese dem Wesen nach kennen zu lernen. So vielseitig diese übrigens von verschiedenen Gelehrten bestätigt sind, ebenso gering ist die Zahl der Versuche, das eigentliche Wesen derselben zu erklären. Nobili versuchte gleich anfangs, die Erscheinungen auf den Rotationsmagnetismus[4] zurückzuführen und eine Bestätigung sowohl, als auch eine nähere Aufklärung des letztern darin zu finden, allein auch hiervon kennen wir bloſs die Phänomene, keineswegs aber das Wesen der Sache. Am ausführlichsten hat Sturgeon[5] über die Theorie dieser Erscheinungen gehandelt, inzwischen läſst sich seine Ansicht leicht kurz darstellen. Zuerst denkt er sich unter dem Magnetismus ein feines ätherisches Fluidum, welches aus den Polen des magnetisirten Stahls fortwährend ausströmt, wie sich dieses in den *magnetischen Curven* zeigt, die jedoch weit vollständiger, als hier geschehn ist, bereits oben[6] beschrieben und durch Figuren anschaulich gemacht worden sind. Die

1 Bibl. univ. T. LI. p. 21.
2 Ebend. 1832. T. III. p. 16.
3 Lond. and Ed. Phil. Mag. No. VIII. p. 152.
4 S. *Magnet.* Abschn. VII.
5 Lond. and Edinb. Phil. Mag. No. VII. 32. IX. 201. XI. 366.
6 S. *Magnet.* Abschn. XI.

Digitized by Google

magnetische Elektricität wird dann nach seiner Ansicht in allen Metallen und vielleicht auch in sonstigen leitenden Körpern durch die Aufhebung des Gleichgewichts erzeugt, worin sich die diesen Körpern eigenthümlich zugehörende Elektricität befindet, welche Aufhebung durch einen Stoſs gegen die von ihm sogenannten erregenden magnetisch polaren Linien, das über die Grenze des Magnets hinaus ausströmende magnetische Fluidum, geschieht und wozu eine mechanische Bewegung, entweder des Metalls oder des Magnets, oder beider zusammen, erforderlich ist. Sturgeon sucht dann ausführlicher darzuthun, daſs hierbei eine dynamische Wirkung, durch Masse und Geschwindigkeit der wirksamen Potenzen bedingt, statt finden müsse und daſs hieraus die Richtung der elektrischen Strömung in einem Kreise, dessen Ebene auf der Axe der vereinten magnetischen Ströme lothrecht ist, nothwendig
Fig. 237. folge. Bezeichnet a b c d einen metallenen Ring, welcher die durch Sternchen angedeuteten Durchschnitte der magnetischen Ströme umgiebt, so geben die Pfeile die Richtung an, in welcher das elektrische Fluidum durch den angegebenen mechanischen Effect sich zu bewegen gezwungen werden soll, was zwar mit der Erfahrung übereinstimmt, mir aber keineswegs hinlänglich bewiesen scheint und auch schwerlich überall dargethan werden kann. Sturgeon scheint dieses selbst zu fühlen, denn er findet es höchst wahrscheinlich, daſs die elektrischen Ströme nicht unmittelbar durch den Magnet erregt werden, sondern daſs noch ein vermittelndes Agens dabei thätig ist, indem vielmehr der natürliche Magnetismus der Körper durch die genannten magnetischen Ströme polarisirt wird und erst in diesem Zustande als unmittelbarer Erreger der Elektricität wirkt. Um dieses näher zu erläutern, theilt er seine Ansicht über das Wesen des Magnetisirens mit, wonach die Erscheinungen des Elektromagnetismus und des Magnetoelektrismus nach gleichen Grundsätzen erklärt werden müssen. Für das magnetische Fluidum sind die verschiedenen Körper auf gleiche Weise Leiter und Nichtleiter, als für das elektrische; der vollendetste Nichtleiter ist harter Stahl, die Isolirungsfähigkeit nimmt stufenweise ab, bis zum weichen Eisen, doch mögen auch andere Metalle, in denen Magnetoelektricität erregt werden kann, namentlich das Kupfer, mindestens einen sehr geringen Grad von Isolirungsfähigkeit besitzen. Die

ſtärkſten magnetiſchen Iſolatoren ſind am wenigſten geeignet, eine Erregung des Magnetiſmus durch den elektriſchen Strom zu geſtatten, welche am beſten bei dem ſehr leitenden weichen Eiſen und bei dieſem am vollſtändigſten durch einen vermöge der Dicke des Rheophors vollkommenen Leiter der Elektricität bewirkt wird; noch beſſere Leiter ſind vielleicht Kupfer und andere Metalle, die daher keine bleibenden magnetiſchen Erſcheinungen zeigen. Die Gleichheit der Elektricität und des Magnetiſmus anzunehmen iſt gar kein Grund vorhanden, vielmehr zeigen ſich beide überall als verſchieden; dagegen aber wird jederzeit derjenige Stoff, welcher in einen andern eindringt, der feinere ſeyn, und ſomit läſst ſich denken, daſs der Magnetiſmus die Poren der Elektricität erfüllt, beide Stoffe aber in denen des Eiſens vereint ſind (eine Vorſtellung, wonach die beiden Potenzen aus allzu groben Stoffen beſtehn müſsten und die deswegen unmöglich Beifall finden kann).

Die hier ſehr ins Kurze gezogene Theorie ſcheint mir keiner eigentlichen Widerlegung zu bedürfen; denn wie ſehr man ſich auch neuerdings mehr davon entfernt, zur Erklärung der Naturerſcheinungen Kräfte ohne ein materielles Subſtratum anzunehmen, und dieſemnach geneigt ſeyn muſs, von einem elektriſchen und einem magnetiſchen Fluidum zu reden, ſo können dieſe doch unmöglich auf eine ſolche einfach mechaniſche Weiſe wirken, als hier angenommen wird, nicht zu gedenken, daſs bloſs von Elektricität und Magnetiſmus geredet wird, ohne den zum Weſen der Sache gehörigen Unterſchied der jederzeit vorhandenen zwei Elektricitäten und Magnetiſmen nur einmal zu erwähnen. Ritchie[1] hat verſucht, die magnetoelektriſchen Erſcheinungen auf ein allgemeines Geſetz zurückzuführen, jedoch ſagt er nichts weiter, als daſs die durch Faraday entdeckten Phänomene nichts anderes als die umgekehrten elektromagnetiſchen ſind, eine Bemerkung, die ſich jedem Beobachter auf den erſten Blick von ſelbſt darbietet. Iſt ab der Rheophor, durch welchen die Elektricität vom Kupfer K zum Zink Z ſtrömt, und NS ein über ihm befindliches Stück weiches Eiſen, ſo wird dieſes durch den elektriſchen Strom zum Magnete werden; nimmt man aber die Fig. 238.

1 Lond. and Edinb. Phil. Mag. No. XIX. p. 11. Poggendorff's Ann. XXXI. 203.

Elemente der Volta'schen Kette weg und substituirt man statt des Eisens einen wirklichen Magnet, so muſs durch umgekehrte Action ein elektrischer Strom im Drahte a b erzeugt werden. Obgleich auch die übrigen Phänomene sich auf eine solche Umkehrung zurückführen lassen, wie Ritchie gethan hat, so ist damit jedoch das Wesen der Sache keineswegs erklärt, so nothwendig es auch zur Begründung einer genügenden Theorie seyn würde, die eigentliche Ursache dieser Wechselwirkung zwischen Elektricität und Magnetismus nachzuweisen.

Faraday hat in seinen mehrerwähnten Abhandlungen eine auſserordentlich groſse Menge von Erscheinungen zusammengestellt, die sich sowohl vermittelst rotirender Scheiben und Kugeln nach Arago, als auch durch den Einfluſs des tellurischen Magnetismus und Anwendung gewöhnlicher Magnete unter den mannigfaltigsten Modificationen hervorrufen lassen. Dabei nimmt er an, daſs allezeit mehr oder minder starke elektrische Ströme erzeugt werden, deren Stärke der Leitungsfähigkeit der angewandten Körper proportional ist, weswegen sich auch eine rotirende Kupferscheibe wirksamer zeigt, als eine von Eisen, ungeachtet die letztere leichter magnetisch disponirt wird. Nach seinen Versuchen stehn die Metalle rücksichtlich ihres elektrischen *Leitungsvermögens* in folgender Ordnung zu einander: Kupfer, Zink, Eisen, Zinn, Blei. Auſserdem hat er die Summe der bekannt gewordenen Thatsachen auch dadurch vermehrt, daſs nach seinen Versuchen die Drahtenden, zwischen denen der magnetoelektrische Funke überspringt, eine erhöhte Temperatur erhielten, wonach also der Magnetoelektricität auch Wärmeentbindung eigen ist. Vorzüglich wichtig aber ist der von ihm geführte, auf eine Menge früherer, zum Theil wiederholter und auch neu hinzugefügter Versuche gestützte Beweis, daſs die durch Reibung und Berührung, durch Temperaturerhöhung, durch den Magnetismus und selbst die durch die merkwürdigen Organe gewisser Fische erzeugte Elektricitäten dem Wesen nach identisch sind und sich bloſs durch gewisse Modificationen, die auf mitwirkenden Bedingungen beruhen, von einander unterscheiden. Die durch diese verschiedenen Mittel erzeugten Elektricitäten haben insgesammt die nämlichen Wirkungen, die jedoch hauptsächlich durch die ungleiche Gröſse der Spannung und durch

Digitized by Google

den sehr bedeutenden Unterschied der vorhandenen Quantität verschieden bedingt werden; unter allen aber ist die *Thermoelektricität* nach den bis jetzt bekannten Thatsachen bei weitem die schwächste und ihre Gleichheit mit den durch sonstige Mittel hervorgerufenen Elektricitäten läſst sich daher am schwersten darthun.

Bei allem diesen ist die eigentliche Hauptaufgabe, worauf es vorzüglich ankommt, nämlich wie die Wechselwirkung zwischen Elektricität und Magnetismus aus dem eigentlichen Wesen dieser beiden Flüssigkeiten nothwendig folge, keineswegs durch Faraday genügend gelöst worden. Zwar redet derselbe von den Strömen des elektrischen Fluidums und weist sogar aus den chemischen Wirkungen desselben nach, daſs die vorhandene Menge mit der Zahl der Atome in den zerlegten Substanzen in einem genauen Verhältnisse stehe; auch läſst sich im Ganzen nicht verkennen, daſs nach seiner Ansicht ein eigenthümliches Fluidum hierbei als wirksam anzunehmen sey; dennoch aber ist er vorsichtig genug, diese Behauptung nicht als eine unbestreitbare aufzustellen, vielmehr läſst er es ausdrücklich unentschieden, ob dieses Fluidum durch seine selbstständige Existenz oder durch seine Bewegung sich wirksam zeige oder obwohl gar alle diese Wirkungen nur auf einer eigenthümlichen Bewegung der Molecülen der hierbei in Conflict kommenden Körper beruhe. Auf jeden Fall findet ein Fortschreiten des hierbei thätigen Agens, also ein Strömen der Elektricität, oder, was dasselbe ist, es finden elektrische Strömungen statt, die namentlich bei den Aeuſserungen des Magnetoelektrismus durch den Magnet erzeugt werden; aber auch darüber läſst Faraday im Dunkeln, ob diese elektrischen Ströme zugleich magnetische und mit diesen identisch sind, denn obgleich er der Theorie Ampère's gelegentlich groſses Lob spendet, so sagt er doch nirgends ausdrücklich, daſs das magnetische Fluidum den leitenden Draht durchströme, vielmehr unterscheidet er stets den *erregenden Magnetismus* von den *erregten elektrischen* Strömen und bemerkt ausdrücklich, daſs die letztern selbst dann, wenn sie durch Magnetismus erzeugt sind, den bekannten Gesetzen der Isolirung unterliegen, die bekanntlich beim Magnetismus nicht statt findet.

Lenz[1] hat die vorliegende Frage zwar gleichfalls unbe-

1 Poggendorff's Ann. XXXIV. 385 ff.

Digitized by Google

antwortet gelassen und auch nicht zu beantworten beabsichtigt, allein seine schätzbaren Versuche haben einige der wichtigsten Probleme aus dem Gebiete des Magnetoelektrismus so vollständig aufgeklärt, daſs die erhaltenen Resultate hier nothwendig erwähnt werden müssen. Als das Maſs der durch den Magnetismus erzeugten Kraft dienten ihm die Abweichungswinkel einer Nobili'schen Nadel in einer Multiplicatorschleife, und indem er zugleich den Widerstand, welchen der elektrische Strom sowohl in den Schraubenwindungen des Ankers, als auch in den fortleitenden Drähten und in denen, die den Multiplicator bilden, nach den durch Ohm und Fechner aufgefundenen Gesetzen erleidet[1], berücksichtigte, gelangte er zu dem Resultate, „*daſs sich die elektromotorische Kraft, welche der Magnet in der Spirale erregt, bei gleicher Gröſse der Windungen und bei gleicher Dicke und gleicher Substanz des Drahtes direct wie die Anzahl der Windungen verhalte.*“ Nicht minder wichtig ist ein zweites von ihm aufgefundenes Gesetz, wonach „*die elektromagnetische Kraft, welche der Magnetismus in der den Anker umgebenden Spirale erzeugt, bei jeder Gröſse der Windungen dieselbe ist.*“ Dieses stimmt genau mit dem überein, was bereits über das Verhalten des Elektromagnetismus bekannt war[2]. Auch bei den magnetoelektrischen Windungen bietet der umschlieſsende Draht der Einwirkung des Magnetismus eine im geraden Verhältnisse seines Durchmessers zunehmende gröſsere Länge dar, und da sein Abstand vom Anker im gleichen Verhältnisse wächst, so muſs die magnetoelektrische Wirkung auf jedes einzelne Element der Windung dem Abstande vom Anker proportional abnehmen, und es muſs also auf gleiche Weise, als dieses in Beziehung auf den Rheophor dargethan ist, die Kraft des den Anker umgebenden Fluidums dem Quadrate der Entfernung proportional abnehmen. Daſs übrigens die Wirksamkeit der Windungen mit ihrer Gröſse abnehme, folgt von selbst aus dem der Drahtlänge proportionalen Widerstande, welchen der elektrische Strom erleidet. Daſs dickere Drähte zur Erzeugung magnetoelektrischer Wirkungen geeigneter sind, wuſste man bereits aus vielfachen Erfahrungen; Lenz hat jedoch das

1 Vergl. *Multiplicator.*
2 S. *Elektromagnetismus.* Bd. III. S. 521.

hierüber bestehende Gesetz genauer feſtgeſtellt, indem er fand, „*daſs die durch den Magnet in dem umwundenen Drahte* „*hervorgerufene elektromotoriſche Kraft bei jeder Dicke des*„*ſelben gleich oder von ihr unabhängig ſey*," daſs somit die gröſsere Wirksamkeit der dickern Drähte auf der Verminderung des Leitungswiderſtandes beruhe, welche ihrer Dicke direct proportional iſt[1]. Endlich iſt auch durch eine dieser ſpeciellen Frage gewidmete Reihe von Verſuchen das oben erwähnte, durch Faraday bereits aufgefundene Geſetz beſtätigt worden, „*daſs die elektromotoriſche Kraft, wel*„*che der Magnet in Spiralen aus Drähten von verſchiedenen* „*Subſtanzen, die ſich übrigens unter den nämlichen Bedin*„*gungen befinden, erregt, für alle vollkommen gleich ſey.*" Die Verſuche wurden zwar nur mit Spiralen von Kupfer, Eiſen, Platin und Meſſing angeſtellt, da aber die erhaltenen Reſultate genau mit denen übereinſtimmen, welche Faraday für Kupfer, Zink, Eiſen, Zinn und Blei auffand, so läſst ſich das Geſetz wohl als allgemein beſtehend annehmen. Lenz hat übrigens die *Leitungsfähigkeit* der von ihm unterſuchten Metalle auf die des Kupfers als Einheit reducirt und ſie für Eiſen = 0,27321, für Platin = 0,18370 und für Meſſing = 0,32106 gefunden. Hieraus folgt alſo, daſs man mit beſtem Erfolge Kupfer in Anwendung bringen kann; Silber würde noch vorzüglicher ſeyn, wenn nicht ſeine Koſtbarkeit im Wege ſtände. Aus der mit der Länge des um den Anker gewundenen Drahtes zunehmenden Gröſse des Widerſtandes, welchen der elektriſche Strom zu überwinden hat, folgt unmittelbar, daſs man zur Erzeugung des gröſsten Effectes die Zahl der über einander liegenden Windungen nicht über eine gewiſſe Grenze hinaus vermehren dürfe, und es findet alſo in dieſer Beziehung das nämliche Verhalten ſtatt, was ſich bei den trocknen elektriſchen Säulen zeigt, deren Wirksamkeit anfangs mit der Vermehrung der Plattenpaare wächſt, dann aber zum Maximum gelangt, wieder abnimmt und bei 20000 Paaren ganz aufhört.

So weit ſind alſo die Erſcheinungen und Geſetze des Magnetoelektriſmus bekannt. Sollte die nächſte Zukunft noch

---

1 Gauss hat durch ſeine Verſuche das Verhältniſs des Widerſtandes zur Länge und Dicke der Leitungsdrähte aufgefunden. S. *Telegraph, elektriſcher.*

nähere Aufklärungen darbieten, so lassen sich diese bei der Betrachtung des *Thermomagnetismus* nachholen, da es jetzt erwiesen ist, daſs das Verhalten der Elektricität, durch welche Ursachen dieselbe auch in Thätigkeit gesetzt werde, stets den nämlichen Gesetzen unterliegt. *M.*

Magnium.

Magnesium; *Talcium, Magnesium;* Magnésium; *Magnesium.*

Das Metall der Bittererde, zuerst von H. Davy, dann in gröſserer Menge von Bussy dargestellt. Silberweiſs, sehr dehnbar, bei mäſsiger Hitze schmelzbar, schwerer als Wasser. Es verbrennt, an der Luft erhitzt, mit lebhaftem Funkensprühen; aus dem Wasser entwickelt es bloſs in der Siedhitze oder bei Gegenwart von Säuren Wasserstoffgas.

Seine Verbindung mit Sauerstoff (12 Magnium auf 8 Sauerstoff) ist die *Bittererde, Talkerde, Magnesie,* durch Glühen der kohlensauren Bittererde zu erhalten. Zartes weiſses Pulver von 3,200 spec. Gew., nur in Sauerstoffgasgebläse schmelzbar, geschmacklos, aber auf einige Pflanzenfarben schwach alkalisch reagirend. Sie hat ein weiſses Hydrat, welches auch natürlich vorkommt, und bildet mit den Säuren Salze, welche, wenn sie löslich sind, bitter schmecken, vollständig durch Kali, sowie durch phosphorsaures Ammoniak mit Ueberschuſs der Basis, unvollständig durch Ammoniak und durch einfach kohlensaures Kali, gar nicht in der Kälte durch doppeltkohlensaures Kali und kleesaure Alkalien gefällt werden. Die wichtigsten Bittersalze sind folgende: *Kohlensaure Bittererde,* im einfachsauren Zustande den *Magnesit,* im basischen und gewässerten die *Magnesia alba* bildend. Der *Boracit* ist *boraxsaure Bittererde.* Die *schwefelsaure Bittererde* krystallisirt in wasserhaltenden rhombischen Säulen als Bittersalz. Die *salzsaure* und *salpetersaure Bittererde* krystallisiren schwierig in sehr zerflieſslichen Modeln. *Basisch-phosphorsaures Bittererde-Ammoniak* bildet mehrere thierische Concretionen, besonders Harnsteine. *Kohlensaurer Bittererde-Kalk* kommt in der Natur reichlich als *Bitterspath, Dolomit* u. s. w. vor. *G.*

Digitized by Google

Mangan.

Braunsteinmetall, Magnesium; *Manganum*; Manganèse; *Manganese.*

Von Pott, Kaim, Winterl u. a. zuerst in dem bis dahin zu den Eisenerzen gerechneten Braunstein (*Magnesia nigra*) als eigenthümliches Metall nachgewiesen. Grauweiſs, sehr weich und spröde, von feinkörnigem Gefüge, nach John von 8,013 spec. Gew., nur in heftigem Essenfeuer schmelzend, nicht magnetisch.

Seine Verbindungen mit Sauerstoff sind:

1) Das *Manganoxydul* (28 Mangan auf 8 Sauerstoff), ein blaſsgrünlich-graues Pulver. Es bildet mit Säuren blaſsrothe und farblose Manganoxydulsalze, welche mit ätzenden Alkalien einen weiſsen, sich schnell bräunenden Niederschlag, Manganoxydulhydrat, geben, mit kohlensauren Alkalien einen dauerhaften weiſsen, mit hydrothionsauren Alkalien einen fleischrothen.

2) Das *Manganoxydoxydul* (28 Mangan auf $10\frac{2}{3}$ Sauerstoff), natürlich in braunschwarzen Quadratoktaedern vorkommend, künstlich dargestellt ein rothbraunes Pulver gebend; in Salzsäure mit brauner, in ziemlich concentrirter Schwefelsäure mit colombinrother Farbe löslich.

3) *Manganoxyd* (28 Mangan auf 12 Sauerstoff) findet sich natürlich, und zwar in wasserfreiem Zustande als Braunit in Oktaedern, im gewässerten als Manganit in rhombischen Säulen, verbindet sich mit wenigen Säuren zu braun und dunkelroth gefärbten Salzen, ertheilt dem Glase eine amethystrothe Farbe.

4) *Manganhyperoxyd* (28 Mangan auf 16 Sauerstoff) zeigt in der Natur als Braunstein oder Pyrolusit dieselben Formen, wie das Manganoxydhydrat, aus dem es sich zu bilden scheint; entwickelt in der Hitze so viel Sauerstoffgas, daſs Manganoxydoxydul bleibt; dient vorzüglich zur Bereitung des Sauerstoffgases und des Chlors und zum Entfärben des Glases.

5) *Mangansäure* (28 Mangan auf 24 Sauerstoff) entsteht beim Glühen von Kalihydrat oder Salpeter mit Braunstein und

bildet mit den Alkalien dunkelblaugrüne Salze, mit den schwefelsauren Selzen isomorph.

6) *Uebermangansäure* (28 Mangan auf 28 Sauerstoff), dunkelroth, zerfällt bei gelinder Wärme in Sauerstoffgas und Manganhyperoxyd; liefert mit Wasser eine lebhaft karmesinrothe Lösung und mit Salzbasen rothe, mit den überchlorsauren isomorphe Salze, die durch desoxydirende Körper schnell entfärbt werden.

Die Auflösung des grünen mangansauren Kali's, des *mineralischen Chamäleons*, wird deshalb roth, weil die Mangansäure unter Absatz von Manganhyperoxyd in Uebermangansäure verwandelt wird (wonach das über das Chamäleon Gesagte Band II. S. 91 und 92. zu berichtigen ist).

G.

Manometer.

Dichtigkeitsmesser; *Manometrum;* Manomètre; *Manometer, Manoscope.*

Manometer (von *μανὸς* dünn und *μετρέω* ich messe) nannte zuerst Otto v. Guericke einen Apparat, welcher dazu dienen sollte, die Dichtigkeit der Luft zu messen, und ebendiesen Namen erhielten später alle zu ähnlichen Zwecken bestimmte Werkzeuge. Der Wortbedeutung nach sollte es eigentlich Dünnheitsmesser heiſsen, man hat aber vielmehr den Ausdruck Dichtigkeitsmesser eingeführt, wegen dieser unrichtigen Uebersetzung aber andere Namen, als *Dasymeter* und *Elaterometer*, vorgeschlagen, welche später erklärt werden sollen; inzwischen ist der ursprüngliche noch stets der gebräuchlichste.

Alle Manometer haben den Zweck, den Wechsel der Dichtigkeit und Dünnheit bei der atmosphärischen Luft zu bestimmen, sofern diese von ihrer, durch das Barometer meſsbaren Elasticität unabhängig sind. Zwar sind nach dem *mariotte'schen Gesetze* die Elasticität und Dichtigkeit der Luft (und auch der Gasarten) einander direct proportional, mithin muſs sich auch die Gröſse der einen durch das Maſs der andern bestimmen lassen, allein dieses findet bloſs unter der Bedingung gleichbleibender Temperatur statt; dagegen aber kann

Digitized by Google

durch den Einfluſs der Wärme die Dichtigkeit eingeschlossener Luftmassen und auch der atmosphärischen Luft ohne einen Wechsel der Elasticität sich ändern. So wie nun das Barometer dazu dient, den Druck der Atmosphäre als unmittelbare Folge ihrer Elasticität zu messen, soll das Manometer dazu dienen, die Dichtigkeit der Luft zu bestimmen; einige Werkzeuge dieser Art geben jedoch die Bestimmung ihrer Dichtigkeit bloſs als Folge der Elasticität und erfordern dann eine Correction wegen der Wärme.

Die Manometer messen bloſs die relativen Dichtigkeiten der Luft, die absolute dagegen fällt mit der Bestimmung ihres *specifischen Gewichts*[1] zusammen, welches man wegen seiner Geringfügigkeit früher nicht kannte und gar nicht einmal beachtete. Aristoteles folgerte jedoch aus dem vermehrten Gewichte eines aufgeblasenen Schlauches die Schwere der Luft, Galilei[2] preſste Luft vermittelst einer Spritze in eine Kugel und fand hiernach ihr spec. Gewicht $= \frac{1}{400}$ des Wassers. Mersenne und R. Boyle[3] trieben die Luft durch Hitze aus einer Windkugel und bestimmten hiernach ihr Gewicht, Ersterer = 1346, Letzterer = 938mal geringer als das des Wassers. Riccioli[4] wog eine Ochsenblase erst leer, dann mit Luft angefüllt, und fand die Luft hiernach 10000mal leichter als Wasser, jedoch zeigte Jac. Bernoulli[5], daſs hierbei der aërostatische Gewichtsverlust nicht berücksichtigt sey; auch weiset R. Boyle[6] die Unzulässigkeit dieses Verfahrens nach, wodurch er selbst die Luft 7500mal leichter als Wasser fand. Das neuere richtige Verfahren, hohle Gefäſse luftleer und mit Luft erfüllt zu wägen, wandte zuerst Wolf[7] an, jedoch waren seine Apparate und Versuche zu roh, weswegen das erhaltene Resultat, wonach das Verhältniſs des Gewichts der Luft zu dem des Wassers = 1:846 seyn soll, nicht hinlängliche Genauigkeit gewährt. Durch ähnliche Versuche fan-

1 Vergl. *Gewicht, specifisches*. Bd. IV. S. 1493.
2 Discorsi intorno a due nuove scienze. 1638. Giornata I.
3 Expos. physico-mech. de vi aëris elast.
4 Almag. nov. L. II. c. 5.
5 Acta Erud. Lips. 1685. p. 436.
6 Paradoxa hydrostat. in proleg.
7 Nützliche Versuche. Th. I. §. 86.

den Burkard de Volder[1] die Luft 970, Homberg[2] 800, Hawksbee 885, Halley 800 bis 860 und Musschenbroek[3] zwiſchen 606 bis 1000mal leichter als das Waſser. S'Gravesande[4] wog nach der Angabe von Jac. Bernoulli luftleere Gefäſse im Waſser und fand hiernach das Verhältniſs 798:1. Die Meſsungen des Unterſchiedes der Längen der Queckſilberſäule im Barometer auf beſtimmten ungleichen Höhen über der Meeresfläche geben ein Mittel, das Verhältniſs der Dichtigkeiten zwiſchen Luft und Queckſilber aus den ungleichen Höhen beider Flüſsigkeiten, die einander umgekehrt proportional ſeyn müſsen, zu beſtimmen und dann aus dem ſpec. Gewichte des Queckſilbers das Verhältniſs der Luft zum Waſser zu finden, ein Mittel, welches unter andern Lambert, Tob. Mayer und de Lüc in Anwendung brachten.

Bouguer[5] wandte ein eigenthümliches Verfahren an, um die ungleiche Dichtigkeit der atmoſphäriſchen Luft auszumitteln, indem er Pendel in ungleichen Höhen ſchwingen lieſs und aus der Gröſse des Widerſtandes die Dichtigkeit der Luft meſsen wollte. Nach dem erhaltenen Reſultate ſollte dieſe in Höhen, die einem Barometerſtande von 16 bis 21 Zoll zugehören, der Elaſticität direct proportional ſeyn, von hieran aber bis zum Niveau des Meeres ein anderes Verhältniſs befolgen, wovon er die Urſache in einer veränderlichen Elaſticität der Molecülen der Luft ſuchte. Es iſt nicht nöthig, dieſes unrichtige Reſultat nach Berthollet vom Einfluſse der Wärme und Feuchtigkeit der Luft abzuleiten, obgleich dieſe gleichfalls dabei in Betrachtung kommen, vielmehr ſind die Schwierigkeiten, welche der Meſsung des Widerſtandes der Luft gegen ſchwingende Pendel im Wege ſtehn, ſo ausnehmend groſs, daſs die erhaltenen unrichtigen Gröſsen leicht aus Beobachtungsfehlern folgen können, wie de Saussure[6] nach der Wiederholung dieſer Verſuche genügend gezeigt hat.

De Saussure[7] conſtruirte einen eigenen Apparat, um die

---

1 Quaeſt. acad. de aëris gravitate §. 52.
2 Mém. de Paris. 1693.
3 Introduct. T. II. §. 2059.
4 Phys. Elem. math. L. IV. c. 5. §. 2164.
5 Mém. de l'Acad. des Sc. 1753.
6 Journ. de Phys. 1790. T. XXXVI. p. 98.
7 Eſsais ſur l'Hygrométrie. p. 109.

Digitized by Google

veränderliche Dichtigkeit eingeschlossener Luftmassen zu prüfen, und nannte diesen Manometer. Er bestand aus einem überall verschlossenen gläsernen Ballon, in welchen eine gefüllte Barometerröhre mit ihrem Gefäſse herabgelassen war. Durch eine Oeffnung im Deckel wurden Sachen gebracht, die auf die Luft einen Einfluſs ausüben konnten, nach Verschlieſsung des Deckels war das Barometer dem äuſsern Luftdrucke nicht mehr ausgesetzt, konnte also seinen ursprünglichen Stand nur in Folge von Einflüssen verändern, welche die eingeschlossene Luft darauf ausübte. Berthollet[1] hat dieses Werkzeug verbessert, um es zu Untersuchungen über die Veränderungen der Luft durch Pflanzen und Thiere brauchbar zu machen. Vermehrungen und Verminderungen des Luftvolumens werden dabei unmittelbar durch das Barometer angegeben, wenn man auf die Correctionen für die Temperatur und den Feuchtigkeitszustand der im Gefäſse eingeschlossenen Luft gehörige Rücksicht nimmt. Auſserdem sollte der Apparat dazu dienen, die chemischen Veränderungen der eingeschlossenen Luftmasse zu prüfen. Die hierfür angebrachte Vorrichtung gewährte noch auſserdem den Vortheil, daſs die chemischen Prüfungen zu verschiedenen Zeiten angestellt werden konnten, ohne die Versuchsreihe zu unterbrechen. Uebrigens ergeben sich die verschiedenen Operationen leicht aus der Beschreibung des Apparats.

Auf einem vermittelst dreier Holzschrauben k, k, k horizontal stellbaren Brete ruht das gläserne Gefäſs A mit einer weiten, in einen messingnen Ring gefaſsten Oeffnung. In diesen Ring B wird eine andere Fassung a vermittelst eines Schlüssels, welcher die beiden vorstehenden Zapfen G, G ergreift, auf untergelegtes Leder festgeschraubt. In dem dicken Deckel der letztern befindet sich die Hülse D der Barometerröhre, deren lothrechter Stand durch das Senkel F regulirt werden kann. Am obern Ende der Barometerröhre ist eine Scale H vermittelst der beiden federnden Halter b, b verschiebbar und eine andere controlirende Scale am untern Ende ist im Innern des Gefäſses sichtbar. Eine Stopfschraube E mit untergelegtem Leder dient zur Herstellung des Gleichgewichts (Fig. 239.)

1 Mém. de la Soc. d'Arcueil. T. I. p. 282. Ueb. in Gehlen's Journ. Th. V. S. 383.

zwischen der äuſsern und der eingeschlossenen Luft. Die zum Herausnehmen einer Portion Luft zum Behuſe der chemischen Analyse dienende Vorrichtung, wozu als wesentlicher Bestandtheil der Hahn C gehört, ist an der andern Seite der obern Fassung angebracht und zu mehrerer Deutlichkeit im vergrö-
Fig. 240. ſserten Maſsstabe dargestellt. Auf das Hahnstück wird die Schüssel L aufgeschraubt. In die Mutterschraube derselben paſst die an der messingnen Fassung O befindliche männliche Schraube, in der Fassung aber ist die graduirte Röhre MN eingekittet. Die messingne Schüssel wird zuerst mit Wasser gefüllt, dann die gleichfalls mit Wasser gefüllte Röhre aufgeschraubt, und wenn man hernach den Hahn öffnet, so flieſst ein Theil des Wassers aus der Röhre in das Gefäſs, ein gleiches Volumen Luft steigt in die Meſsröhre auf und behält ihre anfängliche Dichtigkeit bei, bis man die Röhre losschraubt, worauf sie sich um eine gewisse Gröſse ausdehnt oder zusammenzieht, die sogleich an der Scale gemessen werden kann. Auf welche Weise demnächst die so herausgenommene Luft chemisch geprüft wird, bedarf hier keiner weitern Beschreibung.

Das erste und ursprünglich sogenannte Manometer ist durch Otto von Guericke erfunden worden, welcher die erste Nachricht davon dem bekannten Würzburger Physiker Caspar Schott[1] im Jahre 1661 brieflich mittheilte und es nachher selbst beschrieb[2]. Robert Boyle gab später den nämlichen Apparat unter dem Namen eines *statischen Barometers (Statical Barometer)* als seine Erfindung an[3], wofür es auch bei den englischen Schriftstellern gilt[4]; da aber bekanntlich Caspar Schott ihm die neuen physikalischen Entdeckungen brieflich mitzutheilen pflegte, so unterliegt es keinem Zweifel, daſs er die auf diesem Wege erhaltene Idee bloſs in Ausführung brachte. Nach Gehler verkannten sowohl Otto von Guericke als auch Robert Boyle das eigentliche Wesen dieses Apparates, indem Ersterer ihn für ein Barometer hielt und die Vorzeichen des Regens daraus entnehmen wollte, Letzterer ihn

---

1 S. Technica curiosa. Auct. P. Gasparе Schotto. 1664. 4.
2 Experim. nova de vacuo spatio. p. 114.
3 Philos. Trans. No. 14. p. 231. vom J. 1665.
4 Hutton Dict. T. II. p. 18.

Digitized by Google

aber geradezu ſo nannte. Pfleiderer[1] hat den Erfinder hiergegen in Schutz genommen und gezeigt, daſs er den Unterſchied des Luftdrucks und der Dichtigkeit der Luft ſehr gut gekannt habe. Dieſe Anſicht iſt wohl ohne Zweifel die richtige und es ſteht ihr nicht entgegen, daſs Guericke ſein Manometer zugleich als ein Mittel zur Vorausbeſtimmung des Wetters gebrauchen wollte, da er mit dieſem Probleme ſo ſehr beſchäftigt war und der Druck der Luft, wenn gleich nicht unmittelbar, doch in Folge der dadurch bedingten Dichtigkeit auf das Manometer allerdings einen Einfluſs äuſsert. Das Barometer wird bloſs durch die Elaſticität der Luft, das Manometer aber durch ihre Dichtigkeit, die jedoch eine Function ihrer Elaſticität und Temperatur iſt, bedingt.

Das erſte Manometer beſtand aus einer möglichſt luftleeren kupfernen Kugel, etwa einen Schuh im Durchmeſſer, die an einem empfindlichen Waagebalken aufgehangen und durch ein maſſives Gegengewicht balancirt war. Daſs die Kugel luftleer oder auch nur mit ſehr verdünnter Luft angefüllt ſey, iſt unnöthig, Gehler hält es aber für nützlich, weil man ſonſt auf das Gewicht derſelben Rückſicht nehmen müſſe, was jedoch eine unrichtige Anſicht iſt; denn die Kugel muſs auf jeden Fall ganz verſchloſſen ſeyn, weil ſonſt die innere und äuſsere Luft den nämlichen Veränderungen unterliegt und bloſs die feſte Hülle, woraus die Kugel beſteht, aërostatiſch afficirt wird. Iſt aber die Kugel feſt verſchloſſen und widerſteht ſie dem veränderlichen äuſsern Luftdrucke genügend, ſo bleibt die im Innern enthaltene Luft unverändert, ihr Gewicht iſt daher conſtant und muſs zwar durch das Gegengewicht mit aufgehoben werden, man erhält aber dadurch den Vortheil, daſs die Hülle (die eigentliche Maſſe) der Kugel um ſo viel dünner ſeyn kann, wodurch das geringe Gewicht der eingeſchloſſenen Luft mehr als ganz compenſirt wird. Die Subſtanz, woraus die Kugel beſteht, iſt gleichgültig, jedoch darf ſie der Luft den Durchgang nicht geſtatten; die Kugel aber muſs entweder abſolut oder mindeſtens im Verhältniſs zu dem Gegengewicht ſehr groſs ſeyn, weswegen man zum Gegengewichte ein ſpecifiſch ſchweres Metall, Blei oder beſſer Platin nimmt,

---

1 Theſium inangural. pars mathematico-phyſica. Tub. 1792. Theſ. XIX.

auch würde sich eine Kugel von dünnem Glase mit Quecksilber gefüllt sehr gut dazu eignen. Der Waagebalken war ursprünglich und ist auch seitdem gewöhnlich ein gleicharmiger, allein man könnte auch einen ungleicharmigen dazu nehmen, um durch den längern Hebelarm der Kugel den Unterschied des statischen Einflusses der Luft auf dieselbe zu vergröſsern. Bei dem auf die eine oder die andere Weise hergestellten Apparate verlieren die Kugel und ihr Gegengewicht so viel von ihren absoluten Gewichten, als das Luftvolumen wiegt, welches jedes derselben aus der Stelle treibt, und da die Kugel ungleich gröſser ist, als das Gegengewicht, so ist jene Gröſse bei beiden sehr verschieden, mithin auch jede Veränderung der Dichtigkeit der Luft hinsichtlich ihres statischen Einflusses auf beide diesem Unterschiede beider Gröſsen direct proportional. Wird also das Gewicht eines gewissen Volumens atmosphärischer Luft $=$ p genannt und heiſst das Volumen der Kugel V, das des Gegengewichts v, so ist das Gewicht der durch die Kugel verdrängten Luft $= Vp$ und der durch das Gegengewicht $= vp$. Bezeichnet man eine Veränderung der Dichtigkeit der Luft durch Δp, so erhält man für Kugel und Gegengewicht $V.\Delta p$ und $v.\Delta p$ und da der Waagebalken für die ursprüngliche Gröſse von p im Gleichgewichte war, so ist für eine Aenderung m im Stande desselben $m = (V - v)\Delta p$, und wenn v als verschwindend vernachlässigt wird, V aber bekannt ist, $m = V.\Delta p$. Ist dann V bekannt und der Ausschlag m in dem nämlichen Gewichte als p gegeben, so ist $\Delta p = \frac{m}{V}$, das heiſst, die Aenderung des spec. Gewichts der Luft muſs so viel gröſser seyn, je kleiner das Volumen der Kugel ist, und man muſs daher eine groſse Kugel wählen, wenn man kleine Aenderungen im spec. Gewichte der Luft vermittelst des Manometers finden will. Auf diese Art fand Halley[1] die Luft in England bei der gröſsten Sommerwärme um $\frac{1}{13}$ dünner und bei der gröſsten Winterkälte um $\frac{1}{30}$ dichter, als bei mittlern Temperaturen. Man übersieht aber bald, daſs dieses Verfahren keine den jetzigen Forderungen der Wissenschaft genügende Genauigkeit gewährt.

---

1 Acta Erud. Lips. Suppl. T. II. Sect. 9. p. 435.

Digitized by Google

Das Manometer erhielt eine wesentlich abgeänderte Gestalt durch de Fouchy[1], welcher ihm zugleich den Namen *Dasymeter* (von δασὺς dicht und μετρέω ich messe, also Dichtigkeitsmesser) beilegte. Dieser nicht eben gangbare Apparat bestand aus einem Lineale, ungefähr von der Gestalt eines Waagebalkens, an dessen einem Ende eine überall verschlossene dünne Glaskugel von 15 Zoll Durchmesser hing. Den Inhalt dieser Kugel nahm er zu einem Kubikfuſs und das Gewicht der darin enthaltenen Luft zu 720 Gran an. Das Gewicht der vollen Kugel fand er = 2304 Gran, der leeren also $2304 - 720 = 1584$ Gran, die Vermehrung des Gewichts der Luft durch die Kälte im Winter setzte er $= \frac{1}{6}$ und die Verminderung im Sommer ebensogroſs, und da $\frac{720}{6} = 120$ Gran, diese aber $\frac{1}{13}$ des Gewichts der leeren Kugel betragen, so nimmt dieses im Winter um $\frac{1}{13}$ ab und im Sommer um ebensoviel zu. Das andere Ende des Lineals war durch ein Bleigewicht balancirt, und sollte daher das Gleichgewicht bleibend seyn, so muſste dieses im Winter um $\frac{1}{13}$ dem Hypomochlium näher gerückt, im Sommer aber um ebensoviel weiter davon entfernt oder aber das Hypomochlium muſste wegen der Wirkung auf beide Hebelarme um $\frac{1}{2.13} = \frac{1}{26}$ verschoben werden. Hierbei ist das Lineal als mathematischer Hebel angenommen, bei der wirklichen Ausführung müſste aber auf die Bedingungen des physischen Hebels Rücksicht genommen werden[2]. Damit jedoch das Werkzeug auch geringe Veränderungen anzeigen möge, gab Fouchy dem Waagebalken, statt der Messerschneide an der Axe, eine bogenförmige Gestalt dieser letztern, bestimmte die erforderliche Curve, lieſs den Bogen, worauf sich der Waagebalken wälzte, fein poliren und gab ihm eine Unterlage von Spiegelglas, um die Reibung möglichst zu vermeiden. Der Waagebalken sollte nur 30° Neigung nach jeder Seite hin erhalten und um diese zu messen diente eine hinter dem Bleigewichte aufrecht stehende Scale mit Theilen von 0° bis 30°, die sich wie die Sinus dieser Winkel ver-

---

1 Mém. de Paris. 1780. p. 78. Journ. de Phys. T. XXV. p. 345. Lichtenberg's Magaz. T. III. St. 4. S. 93.

2 Vergl. *Hebel*. Bd. V. S. 117.

Digitized by Google

hielten, mithin gleiche Veränderungen der Neigungswinkel, also auch der Dichtigkeiten der Luft angaben. Auſserdem befanden sich oberhalb des Gewichts und der Kugel kleine Waagschalen, um Gewichte von halben Granen hineinzulegen und die Höhe, um welche der Waagebalken dadurch stieg oder sank, zu messen und sie in Theilen auf eine andere Scale aufzutragen. Hierdurch konnten die Veränderungen des Gewichts unmittelbar gemessen werden, auch gewährte diese Vorrichtung ein Mittel, die Genauigkeit der Krümmung der wälzenden Bogenfläche zu controliren. Diese zuletzt angegebene empirische Graduirung des Apparates dürfte noch am besten zum Ziele führen, auch würde man dabei der schwer mit gehöriger Genauigkeit herzustellenden krummen Fläche nicht bedürfen, so daſs die Axe des Waagebalkens die weit empfindlichere Messerschneide haben könnte; allein dabei bleibt der aërostatische Einfluſs der ungleich dichten Luft auf das Gegengewicht und die verschiedene Ausdehnung des letztern und der Kugel durch Wärme unberücksichtigt. Wollte man diese sämmtlichen Gröſsen in Rechnung nehmen, so würde dadurch der Gebrauch des Apparates zu complicirt werden.

Die Idee, das verbesserte Manometer zur Bestimmung der Dichtigkeit oder des spec. Gewichtes der Luft anzuwenden, scheint vom Abt Gruber ausgegangen zu seyn, Franz von Gerstner war aber der erste, welcher den Apparat ausführen lieſs und praktischen Gebrauch davon machte. Ersterer äuſserte sich brieflich über diesen Gegenstand gegen den ältern de Saussure, welcher aus Mangel an Zeit seinem Sohne das Geschäft überlieſs, einen solchen Apparat herstellen zu lassen und ihn zur Bestimmung der Dichtigkeit der atmosphärischen Luft anzuwenden[1]. Dasjenige Manometer dagegen, welches v. Gerstner verfertigen lieſs und womit er seine sehr allgemein bekannt gewordenen Versuche anstellte, hatte mit Hinzufügung einiger neuern Verbesserungen folgende Einrichtung[2].

---

1 Journ. de Phys. T. XXXVI. p. 98. Daraus in Gren J. d. Ph. Th. II. S. 383. Eine Beschreibung des Apparates und der Versuche scheint mir überflüssig, da die Construction desselben von der gewöhnlichen nur unbedeutend abweicht.

2 Die Beschreibung des anfänglich verfertigten findet man in: Beobachtungen auf Reisen im Riesengebirge von Joh. Jirasek, Abbé

Digitized by Google

Auf dem Brete CD, welches auf zwei Stellschrauben GF und E zur horizontalen Stellung ruht, die durch zwei in einem rechten Winkel gegen einander gerichtete Röhrenlibellen ab und cd angegeben wird, sind die beiden Säulen CL und DK und die Tragsäule HI aufgerichtet. Die letztere trägt die polirten Unterlagen, auf denen die Messerschneide des Waagebalkens AB ruht, welcher an seinen Enden in Spitzen ausläuft, die den beiden aus den Armen L und K hervorragenden Spitzen genau gegenüberstehn. An den beiden Enden des Waagebalkens sind dann bei A die Flasche von dünnem Glase, bei B ein metallenes Gegengewicht aufgehangen, bei s aber befindet sich das aus einem Blechstreifen bestehende Laufgewicht. Zum Abhalten des Staubes und des Luftzuges ist der Apparat in einen gläsernen, oben mit einer Glasplatte bedeckten Kasten eingeschlossen, jedoch muſs dieser vor dem Versuche so weit geöffnet werden, daſs die Luft freien Zutritt erhält, auch bewegt man das Laufgewicht vermittelst eines Drahtes. Fig. 241.

Auf welche Weise die veränderliche Dichtigkeit der Luft vermittelst dieses Apparats gemessen werde, zeigt folgende Betrachtung. Es sey das auf irgend eine Weise[1] bestimmte Volumen der Flasche = V, das des Gegengewichts = v, so ist V — v der Unterschied der durch beide verdrängten Luft, durch deren wechselnde Dichtigkeit das Gleichgewicht beider aufgehoben wird. Das Gewicht der Flasche bei 0° C. Temperatur und auf den leeren Raum reducirt sey = Q, das eines gewissen Maſses der Luft gleichfalls bei 0° Temperatur und einem Barometerstande H von 28 Zoll sey = P, so ist das Gewicht der durch die Flasche verdrängten Luft unter diesen Bedingungen = VP und das Gewicht der Flasche in derselben = Q — VP. Wählen wir für das Gegengewicht für die nämlichen Gröſsen die kleinen Buchstaben, so ist das Gewicht desselben in der Luft = q — vP, und da beide mit

Gruber, Thaddaeus Haenke und Franz Gerstner. Dresd. 1791, die des gegenwärtig im technischen Institute zu Prag befindlichen in: Handbuch der Mechanik von Franz Jos. Freiherr v. Gerstner. Prag 1832. Th. II. S. 117.

1 Am besten läſst sich dieses Volumen durch Einsenken in Wasser mit gehöriger Rücksicht auf dessen Temperatur auffinden.

einander im Gleichgewichte sind, so ist $Q - VP = q - vP$, also $q = Q - (V - v)P$. Verändert sich das Gewicht der Luft und wird P in Π verwandelt, so beträgt das Gewicht der verdrängten Luft dann $(V - v)\,\Pi$ und das vorige Gleichgewicht kann nicht mehr statt finden. Angenommen die Luft sey leichter geworden und das Gleichgewicht solle durch das Laufgewicht s wieder hergestellt werden, welches in der Entfernung $= e$ in Theilen der Länge des Hebelarmes, dessen ganze Länge $= a$ gesetzt wird, aufliegen muſs und dessen Gewicht $= p$ sey, so wird dann

$$q = Q - (V - v)\,\Pi - \frac{p \cdot e}{a}.$$

Diese Gleichung von der vorigen abgezogen giebt

$$(V - v)\,\Pi = (V - v)\,P - p\,\frac{e}{a}$$

und hieraus

$$\Pi = P - \frac{p\,e}{(V - v)\,a} = P\left(1 - \frac{p}{(V - v)P} \cdot \frac{e}{a}\right),$$

also

$$P - \Pi = \frac{p}{(V - v)} \cdot \frac{e}{a}.$$

Im zweiten Theile dieser Gleichung sind alle Gröſsen beständig, auſser e, und die Aenderung des Gewichts der Luft muſs daher aus der Entfernung des Laufgewichts vom Unterstüzzungspuncte bestimmt werden; man darf daher p nicht zu groſs annehmen, damit e nicht zu klein werde. Indeſs darf e nicht gröſser als $= a$ werden und für diesen Fall wäre

$$p = (P - \Pi)\,(V - v).$$

Das Gewicht eines gegebenen Volumens Luft ist der Barometerhöhe direct und der Temperatur umgekehrt proportional. Ist also P bei einem Barometerstande $= H$ und bei 0° Temperatur bestimmt, ändert sich dann der Barometerstand in h, die Temperatur in t, ist die Elasticität des in der Luft enthaltenen Wasserdampfes nach der Angabe des Hygrometers $= \varepsilon$, die Dichtigkeit des Wasserdampfes bei gleicher Elasticität, und Temperatur $= \frac{5}{8}$ der Luft nach Gay-Lussac[1] gesetzt, und endlich die kubische Ausdehnung des Glases $= K$, so ist

---

1 Vergl. *Gewicht, specifisches der Gasarten.* Bd. IV. S. 1499.

Digitized by Google

$$\Pi = P(1+Kt)\left(\frac{h-\frac{3}{8}\varepsilon}{H}\right)\left(1-\frac{p}{(V-v)P}\cdot\frac{e}{a}\right).$$

Hierbei ist auf die Veränderung des Volumens des Gegengewichts und des Laufgewichts durch die Wärme und den hieraus hervorgehenden aërostatischen Einfluſs nicht Rücksicht genommen; allein der Factor $(1+Kt)$ weicht schon nur wenig von der Einheit ab und daher läſst sich derselbe für das Gegengewicht nnd das Laufgewicht als verschwindend vernachlässigen.

Von Gerstner hat auſserdem noch angegeben, wie man den Waagebalken mit einer Theilung versehn kann, welche die Gewichte der Luft uumittelbar angiebt; es scheint mir jedoch unnöthig, dieses hier mitzutheilen, da hierbei das absolute Gewicht eines gegebenen Volumens atmosphärischer Luft als bekannt vorausgesetzt wird. Das Werkzeug kann indeſs nur einen zweifachen Gebrauch haben, nämlich das absolute Gewicht der Luft zu bestimmen oder aus der verminderten Dichtigkeit der Luft die Höhe über der Meeresfläche auszumitteln, auf welcher man sich befindet. Die letztere Anwendung ist eine mittelbare, indem man aus der geringern Dichtigkeit auf den verminderten aërostatischen Druck schlieſst und hieraus die dem Unterschiede zugehörige Höhe entnimmt, statt daſs die Differenz der Länge der Quecksilbersäule im Barometer die dieser nach statischen Gesetzen zugehörige Höhe der auf das Quecksilber drückenden Flüssigkeitssäule unmittelbar angiebt. Hierzu kommt der schwer zu messende Einfluſs der Temperatur; denn obgleich auch die Höhe der Quecksilbersäule sich durch Wärme ändert, so ist doch die Ausdehnung dieses Metalls durch gleiche Wärmegrade weit geringer und seine Temperatur ungleich bleibender, mithin auch leichter genau meſsbar, als die der Luft im Augenblicke der manometrischen Messung. Das Barometer hat daher schon an sich Vorzüge vor dem Manometer, auſserdem aber ist es ausnehmend schwierig, wenn nicht ganz unmöglich, eine solche Waage sicher auf steile Bergspitzen zu transportiren und daselbst zum bequemen Ablesen gehörig aufzustellen. Ungleich zweckmäſsiger ist der Apparat für die Bestimmung des absoluten Gewichtes eines gegebenen Volumens Luft, wie unter andern auch C. G. Schmidt[1] gezeigt hat; allein zu jener

1 Samml. physisch-mathem. Abhandlungen. Gieſsen 1793. S. 117.

Digitized by Google

Zeit waren die gehaltreichen Arbeiten von Biot und Arago noch nicht erschienen, wodurch diese Bestimmung mit einer Schärfe gegeben ist, die schwerlich durch irgend ein anderes Mittel erreichbar seyn dürfte.

Wenn man ein Manometer oder Dasymeter mit einer an der Lampe geblasenen dünnen Glaskugel von etwa 2 bis 2,5 Zoll Durchmesser verfertigt, die an einem kleinen sehr feinen Waagebalken durch ein kleines Gegengewicht von Blei oder besser Platin balancirt ist, so erhält man ein sehr einfaches, aber ausnehmend nützliches Werkzeug für die Versuche zum Beweise, daſs jeder Körper in der Luft gewogen weniger wiegt als im leeren Raume und daher die hierfür übliche Correction unentbehrlich ist, was zwar aus der Theorie nothwendig folgt, keineswegs aber dem Anfänger so klar ist, daſs die Anschauung für ihn ohne Werth seyn sollte. Setzt man diesen Apparat unter die Campane der Luftpumpe, so sinkt die vorher im Gleichgewichte befindliche oder selbst höher gehobene Kugel nach dem Exantliren um so viel tiefer, je dünner die Luft wird.

Eine zweite Classe von Manometern bilden alle diejenigen Werkzeuge, vermittelst deren man die Dichtigkeit einer eingeschlossenen Luftmasse und deren Aenderungen nach dem Raume miſst, den sie einnimmt, in Gemäſsheit des Mariotte'schen Gesetzes, wonach bei allen expansibeln Flüssigkeiten die Dichtigkeit dem Raume umgekehrt proportional ist. Alle enthalten daher in einem hohlen Gefäſse von willkürlicher Masse und Gestalt ein eingeschlossenes Luftquantum, welches durch irgend eine tropfbare Flüssigkeit abgesperrt ist, so, daſs die Bewegung dieser letztern die Ausdehnung und somit auch die veränderte Dichtigkeit des erstern sichtbar und meistens auch, mindestens relativ, meſsbar macht. Da einmal das durch Otto v. Guericke erfundene, auf aërostatischen Grundsätzen beruhende Werkzeug den Namen *Manometer* erhalten hatte, so wäre es allerdings angemessener gewesen, dieser zweiten Classe einen andern Namen zu geben, wozu sich der von Gehler vorgeschlagene, nämlich *Elaterometer*, sehr gut eignet, insofern die Elasticität der Gase bei allen das bedingende Princip ist. Inzwischen werden sie im Allgemeinen Manometer genannt, haben aber im Einzelnen noch auſserdem je nach den Zwecken, wozu ihre Erfinder sie bestimmten,

sonstige verschiedene Namen, unter denen mindestens die wichtigsten derselben bereits erwähnt worden sind. Dahin gehört unter andern das von Varignon vorgeschlagene, welches das Barometer ersetzen sollte[1], aber eins der schlechtesten ist, da die Luft durch Wasser gesperrt wird und daher ihr Feuchtigkeitszustand sich stets ändern muſs, das Amonton'sche *Luftthermometer*, womit William Roy das Gesetz der Ausdehnung der Luft zu bestimmen suchte[2], Prechtl's *Baroskop*, Adie's *Sympiezometer*, welches in einem eigenen Artikel beschrieben ist, die jedoch insgesammt andern Instrumenten, die sie ersetzen sollten, an Schärfe und Genauigkeit der Messungen nachstehn. Ebendaher verwarf Kramp[3] das von ihm ausgesonnene Manometer später selbst aus Gründen, die aus der Natur der Sache hergenommen waren, und ebenso sind die durch Rettberg[4] angegebenen Manometer nie eigentlich in Gebrauch gekommen.

Ein praktisch sehr brauchbares Manometer ist jedoch dasjenige, welches H. Davy[5] in Vorschlag gebracht hat. Werden Versuche mit Gasen angestellt, die so lange dauern, daſs unterdeſs der Barometerstand und die Temperatur sich ändern, und beabsichtigt man zugleich auszumitteln, ob die eingeschlossene Luft durch die zu untersuchenden Processe eine Vermehrung oder Verminderung des Volumens erleidet, so ist es nothwendig, bei der spätern Messung ihr beobachtetes Volumen nach den eingetretenen Veränderungen des Barometer- und Thermometerstandes zu corrigiren. Da diese Operation mühsam ist und auſserdem bei einer Sperrung über Wasser noch eine Correction für den Feuchtigkeitszustand hinzukommt, so ist es ungleich einfacher, diese Correctionen durch ein Manometer zu beseitigen. Hierzu dient eine calibrirte Glasröhre, deren Länge nach der Höhe des gebrauchten Apparates gewählt werden kann. Diese Röhre AB wird am obern Ende Fig. 242.

1 S. *Barometer*, Bd. I. S. 794., wo noch mehrere andere erwähnt sind. Insbesondere sollte das Manometer das Seebarometer ersetzen.

2 S. *Ausdehnung*. Bd. I. S. 627.

3 G. VII. 240.

4 Ebend. XLII. 99.

5 Nicholson's Journ. T. IV. G. XVI. 104.

Digitized by Google

zugeschmolzen, am untern heberförmig umgebogen und mit einer Scale versehn, welche in einiger Höhe über der Krümmung mit 0 anfängt und bis an das obere Ende 100 gleiche Theile, unterhalb des 0 aber noch einige, jener gleiche Theile enthält. Bei der Vorrichtung des Apparats und dem Anfange des Versuches wird die Röhre durch den kürzern Schenkel mit etwas Wasser gefüllt (oder mit Quecksilber, wenn das zu untersuchende Gas gleichfalls durch diese Flüssigkeit gesperrt ist), und zwar so, daſs dasselbe in beiden oder mindestens im längern Schenkel genau bis an den Anfang der Scale oder 0 reicht. Indem dann die eingeschlossene Luft im Manometer den nämlichen Veränderungen des Luftdrucks und der Temperatur unterliegt, als die in der Campane, so giebt nach Beendigung des Versuchs der Stand des Manometers über oder unter 0 die hieraus folgenden Correctionen an und der Ueberschuſs oder der Mangel, welchen die eingeschlossene Gasart auſserdem zeigt, ist als eine Folge derjenigen Veränderungen zu betrachten, welche dieselbe durch sonstige Ursachen erlitten hat, zu deren Reduction auf den ursprünglichen Stand das Manometer noch auſserdem die erforderlichen Bestimmungsgröſsen angiebt.

M.

Mars

ist der Name eines Planeten, der in unserm Sonnensysteme seine Bahn zunächst auſserhalb der Erdbahn hat, also unter den obern Planeten uns der nächste ist. Sein Licht ist röther, als das der übrigen Planeten, seine scheinbare Gröſse höchst veränderlich, indem er bei seiner gröſsten Annäherung zur Erde den Jupiter an Glanz fast übertrifft, hingegen, wenn er sich der Conjunction mit der Sonne nähert, bei weitem nicht mehr einem Fixsterne erster Gröſse gleich erscheint. Die Elemente seiner Bahn sind folgende[1] für das Jahr 1831.

---

1 Nach von Lindenau, dessen Angabe auch die neuern Schriftsteller noch immer folgen, so wie auch Encke's Jahrbuch sie zum Grunde legt.

Halbe groſse Axe	= 1,5236923 = 31489800 Meilen.
Excentricität	= 0,0932448 = 2936200 Meilen.
Siderische Umlaufszeit	= 686 Tage 23 St. 30′ 41″.
Neigung der Bahn	= 1° 51′ 6″.
Länge des aufst. Knotens	= 48° 12′ 33″.
Länge des Periheliums	= 332° 56′ 54″.

Die gröſste Entfernung von der Sonne ist also
= 34426000, die kleinste = 28554000 Meilen.

Mars nähert sich der Erde am meisten, wenn er etwas vor seiner Sonnennähe der Sonne gegenüber steht. Dieses geschieht, wenn er im August die Opposition erreicht, und dann ist er 7900000 Meilen von der Erde entfernt; dagegen erreicht er zu der Zeit, wo er sich in den Sonnenstrahlen verbirgt, eine Entfernung von 52 Millionen Meilen, und sein scheinbarer Durchmesser ist daher im letzten Falle nur 3″,5, statt daſs er im ersten Falle 26″ beträgt. Seine scheinbare Bewegung ist sehr ungleich, weil selbst um die Opposition seine Entfernung von der Erde und von der Sonne sehr ungleich seyn kann, je nachdem die Opposition um die Zeit seiner Sonnennähe oder Sonnenferne eintrifft. Wegen dieser Ungleichheit dauerte zum Beispiel 1798, 1813 und 1830, als er beinahe um die Zeit seiner Sonnennähe der Sonne gegenüber stand, seine rückläufige Bewegung 2 Monate und betrug wenig mehr als 10 Grad, in den Jahren 1807 und 1824 dagegen, wo die Opposition nicht weit von der Sonnenferne (im März) eintrat, war er 2,75 Monate rückläufig und ging 19 Grade zurück, weil im erstern Falle seine heliocentrische Bewegung beinahe 1½mal so schnell als im letztern ist.

Ueber die Gestalt des Mars sind die Beobachter nicht einig. Herschel fand bei wiederholten Abmessungen das Verhältniſs der Axe zum Durchmesser des Aequators wie 15 zu 16[1]; Schröter hingegen nur etwa wie 80 zu 81[2]. Jene erste Bestimmung schien wegen der langsamen Umdrehung des Mars wenig Wahrscheinlichkeit zu haben, und da Schröter's Beobachtungen 1798 bei einer sehr günstigen Stellung des Planeten angestellt worden waren, so gab man mit Recht der letztern Bestimmung den Vorzug; aber im Jahre 1824 fand auch

1 Phil. Transact. for 1784. p. 333.
2 Astr. Jahrb. 1802. S. 104.

Digitized by Google

Harding den Mars als ungewöhnlich abgeplattet erscheinend. Diese Erscheinung schien indeſs nach Harding's Meinung[1] davon herzurühren, daſs in der Gegend des Aequators am Rande die Oberfläche sehr glänzend war und deshalb durch Irradiation über die eigentliche Grenze der Kugel hinaustretend sich zeigte, wobei es übrigens merkwürdig ist, daſs vom 28. März bis zum 27. Apr. die Erscheinung bald an dem einen Aequatorealrande, bald an beiden sichtbar blieb, obgleich Harding sonst nie etwas ähnliches gesehn hatte.

Die Zeit der Umdrehung[2] um die Axe ist 24 St. 39,5 M.; die Axe ist unter einem Winkel von 61° 18′ gegen die Ebene der Bahn geneigt, und da der Frühlingspunct der nördlichen Hälfte in 19°,5 des Schützen liegt, so ist der Nordpol des Mars erleuchtet, so lange der Planet heliocentrisch vom letzten Drittel des Schützen bis zum letzten Drittel der Zwillinge fortgeht. Alsdann ist es auf der nördlichen Halbkugel Sommer, und da die Schiefe der Ekliptik gröſser ist, als auf der Erde, so läſst sich wohl auf einen sehr merklichen Wechsel der Jahreszeiten schlieſsen. Seine kalten Zonen erstrecken sich 29° von beiden Polen, seine heiſse Zone ist 58° breit und die gemäſsigte also erheblich schmäler, als auf der Erde.

Nach Schröter's Messungen ist der Durchmesser des Mars 990 Meilen[3], indeſs schwanken die Angaben, und Harding hat wohl nicht mit Unrecht 900 Meilen angenommen, also = 0,53 des Erddurchmessers, woraus seine Oberfläche = 0,281 der Erdoberfläche, sein Inhalt = 0,150 des Inhalts der Erde folgt. Seine Masse wird nach Delambre $= \frac{1}{2546320}$ der Sonnenmasse $= \frac{1}{5,2}$ der Erdmasse angegeben[4], doch scheint, da sie bloſs aus den Einwirkungen auf die übrigen

1 Astr. Jahrb. 1828. S. 175.

2 Nur ½ Min. hiervon verschieden bestimmte sie schon Maraldi. Mém. de l'Ac. des Sc. 1720. p. 144. Die Angabe im Texte ist von Herschel Ph. Tr. 1784. und fast genau so auch von Schröter gefunden worden, Beer und Mädler finden dagegen dic Umdrehungszeit etwas kürzer. Die älteste Beobachtung über die Rotation ist von Hook. Phil. Transact. 1666. p. 198.

3 Astr. Jahrb. 1802. S. 104.

4 Pontécoulant théorie anal. du système du monde II. 504.

Digitized by Google

Planeten berechnet werden kann, dabei noch erhebliche Unsicherheit statt zu finden[1].

Die natürliche Beschaffenheit des Mars scheint mit der der Erde sehr übereinstimmend zu seyn. Daſs er ein dunkler Körper ist, davon überzeugt uns die Beobachtung unmittelbar, indem er in den mittlern Stellungen zwischen Opposition und Conjunction uns einen Theil seiner unerleuchteten Seite zuwendet. Man unterscheidet auf ihm Flecken, die längere Zeit hindurch ihr Ansehn wenig ändern, und andere, die sehr veränderlich sind. Unter den erstern haben schon seit längerer Zeit die bald am einen, bald am andern Pole sichtbaren, sehr glänzenden Flecken die Aufmerksamkeit der Astronomen auf sich gezogen. Schon Maraldi beobachtete einen solchen Polarfleck im Jahre 1704 und vollständiger 1719, als die in den August fallende Ankunft des Mars in der Sonnennähe und Opposition eine besonders günstige Gelegenheit dazu darbot. Herschel hat den hellen Fleck am Südpol schon 1777 und 1781, genauer aber 1783 vom Mai bis November, wo er aufhörte von der Sonne beschienen zu werden, beobachtet; er fand seine Mitte genau genug mit dem Südpole übereinstimmend, statt daſs der Fleck am Nordpole seinen Mittelpunct etwa 13° vom Nordpole selbst hatte[2]. Flaugergues und Schröter[3] haben den südlichen Fleck 1798 und Flaugergues den nördlichen 1807 im März beobachtet. Nach Gruithuisen's Angaben[4] war der südliche Polarfleck am kleinsten und von sehr geringer Ausdehnung im October 1813 und im August 1815, als es eben Herbst auf dieser südlichen Halbkugel ward; am 5. April 1814 dagegen, wo der Winter auf der südlichen Halbkugel herrschte und die Tageslänge erst einige Zeit im Zunehmen war, erstreckte sich der südliche Polarfleck sehr weit, so wie er auch im Juni 1813 (also ungefähr in den wärmsten Monaten) noch sehr bedeutend ge-

---

1 Astron. Zeitsch. I. 26. und Gruithuisen's Analecten. III. 37. Die Bestimmung $= \frac{1}{1846082}$ scheint, gänzlich auf einer unsichern Hypothese von Lagrange beruhend, eben kein Zutrauen zu verdienen. v. Zach Mon. Corr. V. 566.

2 Ph. Tr. 1783. p. 340.

3 Astr. Jahrb. 1802. S. 104. Journ. de Phys. LXV. 128.

4 Astr. Jahrb. 1817. S. 186. 1819. S. 251. 1825. S. 201.

Digitized by Google

wesen war. Im ganzen Winter von 1821 bis 1822 war der Polarfleck am Nordpole sichtbar, während dort der Sommer anfing. Hiermit stimmen auch HERSCHEL's Beobachtungen überein, der 1781 den Südpolarfleck groſs sah, als er erst eben aus seiner langen Winternacht hervortrat, und ihn im Jahre 1783 vom Ende Mai bis Mitte September während der Dauer des dortigen Sommers abnehmend fand. Damals aber schien er nicht zu verschwinden, sondern erst unsichtbar zu werden, als im November die wieder eintretende Winternacht ihn bedeckte. Die neuesten Beobachtungen über die glänzende Polarzone sind von MÄDLER und BEER in Berlin angestellt worden[1], als 1830 im August der Mars der Erde sehr nahe kam. Auch sie fanden um die Zeit, als die Sonne diesem Pole am höchsten stand, den Fleck noch $\frac{1}{10}$ des Marsdurchmessers betragend, dagegen 27 Tage später nur $\frac{1}{20}$ desselben. Die Beobachtungen scheinen alle dahin übereinzustimmen, daſs jede dieser sehr glänzenden Polarzonen dann am gröſsten ist, wenn der Winter desselben Poles zu Ende geht, daſs sie, während der Pol von der Sonne beschienen wird, an Ausdehnung abnimmt und gegen das Ende des Sommers erst am kleinsten wird. Man hat daher nicht ganz Unrecht, diese Polargegend mit den auf der Erde mit Schnee und Eis bedeckten Gegenden zu vergleichen, wobei jedoch FLAUGERGUES bemerkt, daſs die Veränderungen jener Polarzone schneller fortschreiten, als das Schmelzen des Schnees auf der Erde[2]. Künftige Beobachtungen können uns wohl noch einmal belehren, ob die Lage dieser Flecken gegen den wahren Pol sich alljährlich gleich findet, ob es Gegenden giebt, die sich, weiter als andre vom Pole entfernt, dieser Veränderung unterworfen zeigen, ob der eine Winter mehr als der andre diese Veränderung hervorbringt u. s. w. BEER und MÄDLER schlieſsen aus den ältern Beobachtungen, daſs die Nordpolarzone nie so ausgedehnt als die südliche sey, und suchen den Grund in der längern Dauer des südlichen Winters; indeſs kann die Verschiedenheit auch ganz in örtlichen Umständen begründet seyn.

In den gemäſsigten Zonen des Mars hat man sehr oft ver-

---

1 Schumacher astr. Nachr. Nr. 191.
2 De Zach Corresp. astr. I. 182.

änderliche Flecken gesehn, die Herschel, Schröter und Gruithuisen für atmosphärisch halten. Obgleich aber manche dieser Flecken veränderlich sind, so zeigen doch schon Maraldi's Beobachtungen, daſs andre auch eine sehr lange dauernde Gleichförmigkeit beibehalten. Maraldi gründete seine Bestimmung der Umdrehungsperiode vorzüglich auf eine Spitze, die von einem schief gegen den Aequator geneigten Streif und einem zweiten, der einen Winkel mit jenem machte, gebildet wurde. Vom 20. August bis 25. Sept. kehrte sie, soſern die Beobachtungszeit während ihres Verweilens auf der uns zugekehrten Seite fiel, regelmäſsig wieder und selbst nach vollen $2\frac{1}{2}$ Monaten fand sie sich an der nach der Rotationsperiode berechneten Stelle. Es ist daher nicht auffallend, daſs Kunowski[1] den Mars längere Zeit mit sehr übereinstimmenden Flecken sah und daſs Beer und Mädler ebendiese Gleichförmigkeit beobachteten. Nach den Beobachtungen der letztern ist der am wenigsten Licht zurücksendende Theil der Marsoberfläche an der südlichen Grenze der heiſsen Zone; die das Licht stärker reflectirenden Theile der Oberfläche sind gröſser als der übrige Theil und stehn, wie die Meere auf der Erde, mit einander in Verbindung; die nördliche Halbkugel, so weit sie in dieser Zeit gut sichtbar war (der Nordpol war nämlich ganz unsichtbar, und was jenseits 30° nördl. Breite lag, erschien nur sehr unvollkommen), zeigte sich so, wie die heiſse Zone, ziemlich gleich an Licht; näher dem Südpole, in einem Theile der gemäſsigten und kalten Zone, war das Continuum der reflectirenden Massen mehr unterbrochen, aber die Absorption des Lichts findet in geringerem Grade statt.

Die gleichmäſsige, bloſs nach den Umständen der Rotation wechselnde Ansicht des Mars bewog diese Beobachter, die frühern Beobachtungen für ganz widerlegt anzusehn; dieser Schluſs scheint aber etwas zu rasch, da schon Maraldi die öftern und selbst schnellen Wechsel der Flecken als ganz entschieden behauptet und Herschel und Schröter, denen auch Gruithuisen beistimmt, genau dasselbe behauptet haben. Es wäre indeſs wohl der Mühe werth, bei einer günstigen Stellung des Mars eine Darstellung der unveränderlichen Theile der

1 Astr. Jahrb. 1825. S. 225.

Digitized by Google

Marsoberfläche zu geben und zu versuchen, ob sich nicht einige auch in Herschel's Zeichnungen öfters wiederkehrende Fleckenformen damit vereinbaren lieſsen.

Herschel und Schröter haben auf atmosphärische Wechsel auf dem Mars aus ihren Beobachtungen geschlossen und Schröter hat sogar, da manche dieser atmosphärischen Flecken eine von der Rotationsperiode etwas abweichende Bewegung zeigten, auf ein Fortrücken dieser Wolkenmassen, etwa dem Fortführen durch Winde entsprechend, geschlossen; die Beobachtung gab für einen solchen, als Wolkenstreif angesehnen Fleck eine Bewegung von 3 Meilen in der Stunde (20 Fuſs in 1 Sec.) von NW. nach SO. auf der Marsfläche[1].

Auf eine Atmosphäre des Mars führen auch andere Beobachtungen, indem man bei Fixsternen, die vom Mars bedeckt wurden, Erscheinungen wahrgenommen hat, die auf eine Strahlenbrechung und Schwächung des Lichts in der Atmosphäre des Planeten hindeuteten. Flaugergues stellte eine solche Beobachtung an und führt eine ähnliche von Cassini an[2], und Tralles, ja schon Römer haben etwas Aehnliches beobachtet[3]. Als die besten Tafeln zur Bestimmung der Oerter des Mars sind v. Lindenau's Tafeln anerkannt; ihr Titel ist: Tabulae Martis novae et correctae ex theoria gravitatis cl. De la Place et ex observationibus recentissimis erutae. Auctore Bernhardo de Lindenau. Eisenberg, in libraria Schöniana. 1811.

Das Zeichen des Planeten ist ♂.

B.

Maſs[4].

Mensura; Mesure; *Measure;* heiſst jede gegebene Gröſse, welche als Einheit oder als Norm genommen dazu

---

1 Astr. Jahrb. 1802. S. 106.

2 Journ. de Phys. LXV. 128.

3 Astr. Jahrb. 1826. S. 189.

4 Die gewöhnliche Schreibart ist Maaſs, seltener Maas; sie beruht auf der Aussprache, wonach das einfache a vor ſs kurz wird. Die hier und in diesem Werke überhaupt gewählte hat die Etymologie für sich, sofern das Wort von Messen mit einfachem Vocal und

Digitized by Google

dient, irgend eine andere Gröſse zu messen oder ihren Gehalt in specieller Beziehung ihrer Gröſse zu bestimmen. Hiernach giebt es also Längen-, Flächen- und Körpermaſse, Maſse der Zeit und des Raumes, der trockenen und flüssigen Körper, der Winkel, der Gewichte, der Kräfte, und da man allgemein sagen kann, daſs auf alle wirklich gegebene Körper, ja sogar auf nur vorgestellte und gedachte Gegenstände, der Begriff der Gröſse angewandt werden kann, dieser aber zugleich den Begriff der Messung einschlieſst, so läſst sich die Vorstellung eines Maſses mit allen körperlichen und geistigen Dingen verbinden. Es würde jedoch ein fruchtloses Bestreben seyn, alle diejenigen Gegenstände, bei denen eine Messung statt findet, aufzuzählen, vielmehr muſs man sich auf die Kenntniſs derjenigen Maſse beschränken, welche als normale Einheiten in den verschiedenen Ländern eingeführt sind, deren Vergleichung unter einander für den Fall unentbehrlich ist, wenn man die durch sie ausgedrückten Gröſsenbestimmungen verstehn oder auf einander zurückführen will; aber auch hierbei muſs man sich auf gewisse Grenzen beschränken, welche nur die vorzüglichsten Maſsnormen in sich schlieſsen, weil in den zahlreichen einzelnen Ländern durch vielfache Gebräuche und Miſsbräuche eine solche Menge verschiedener Maſsbestimmungen eingeführt ist, daſs es theils nicht die Mühe lohnt, sie alle aufzusuchen, theils aber eine genaue Kenntniſs derselben wegen absoluter Unbestimmtheit ihrer eigentlichen Gröſse gar nicht zu erhalten steht. Es kommt indeſs vorläufig noch die allgemeine, verschiedentlich aufgeworfene Frage zur Erörterung, ob jede Gröſse nur durch eine andere Gröſse derselben Art gemessen werden könne. Bei weitem in den meisten Fällen findet dieses allerdings statt, oft aber und namentlich in denjenigen Fällen, wobei es auf das Verhältniſs zweier Gröſsen zu einander oder ihre Veränderungen ankommt, kann man in Gemäſsheit des der Mathematik zustehenden Rechtes einer völlig freien Allgemeinheit aller Gröſsenbestimmungen jede gegebene Gröſse oder deren Veränderung durch jede andere nach Willkür messen. Es

---

doppeltem s herkommt und die gleichlautenden Worte aſs fraſs, saſs u. s. w. ohne doppeltes a geschrieben werden. Sie läſst sich also mindestens einseitig rechtfertigen und hat daneben die Kürze für sich.

können dieſemnach die Intensitäten der Wärme durch die Vermehrung des Volumens der Körper, die abſtoſsenden Kräfte der Elektricität durch Gewichte, Winkel oder Neigungen zweier Linien gegen einander durch den eingeſchloſſenen Bogen u. s. w. mit Sicherheit gemeſſen werden[1].

Verſchiedene Maſse sind seit den älteſten oder seit sehr langen Zeiten bekannt und werden ziemlich allgemein unverändert beibehalten, weshalb es überflüſſig seyn würde, sie hier genauer zu erörtern. Dahin gehören die Maſse der Zeit nach Jahrhunderten, Jahren, Tagen, Stunden, Minuten und Secunden. Was in Beziehung auf dieſe und andere Perioden merkwürdig iſt, wird in beſondern Artikeln[2] abgehandelt und es kann dieſer Gegenſtand daher hier ganz übergangen werden. Das Maſs der Winkel durch Grade, Minuten und Secunden fällt ganz in das Gebiet der Mathematik; manche Maſse aber, z. B. Grade der Wärme nach dem Thermometer, Beſtimmungen des Luftdruckes nach dem Barometer, der Muskelkraft nach dem Dynamometer, des ſpecifiſchen Gewichtes nach den Angaben der Aräometer, der galvaniſchen Action, der elektriſchen Abſtoſsung und viele andere werden durch beſondere Werkzeuge erhalten und können daher hier gleichfalls nicht zur Unterſuchung kommen, vielmehr muſs man ſich auf die oben bereits näher bezeichneten Beſtimmungen beſchränken.

Alle Maſse der Linien, Flächen und Körper kommen auf ein gewiſſes Linearmaſs zurück, wobei man allezeit geneigt war, irgend eine genaue beſtimmte und unveränderliche Normalgröſse zum Grunde zu legen. Ein ſolches unveränderliches und mit gröſster Genauigkeit beſtimmtes Normalmaſs hat erſt die neueſte Zeit mit Sicherheit aufzuweiſen, von den ältern Völkern kann dieſes nicht mit gleicher Gewiſsheit behauptet werden. Für die phyſikaliſchen Unterſuchungen ſind bloſs die neuern und neueſten Maſsbeſtimmungen von Wichtigkeit; weil indeſs auch die Kenntniſs der ältern in mehrfacher Hinſicht nützlich iſt, ſo ſchicke ich eine kurze Ueberſicht derſelben voraus.

---

1 Hutton Course of Mathematics. 3 Voll. 8. Lond. 1813. T. III. p. 87.

2 Z. B. Chronologie, Jahr, Tag u. s. w.

A. Maſsbestimmungen der alten Völker.

Im Allgemeinen kann es beim Lesen der alten Schriftsteller dem unbefangenen Forscher nicht entgehn, daſs die bei ihnen gangbaren Maſse bei weitem nicht so genau bestimmt waren, als dieses in der neuesten Zeit geschehn ist, wie schon daraus hervorgeht, daſs sie die Dimensionen der gemessenen Gegenstände meistens in runden Zahlen mit einer Verschiedenheit angeben, welche bei der Vergleichung in ein labyrinthisches Gewirre von Widersprüchen verwickelt und daher unvermeidlich zu dem Schlusse führt, daſs scharfe Bestimmungen bei ihnen überhaupt nicht zu erwarten sind. Inzwischen haben mehrere Alterthumsforscher dennoch versucht, diese widersprechenden Angaben zu vereinigen, und indem sie sich dabei manche kühne und dem Anschein nach zuweilen willkürliche Hypothesen erlaubten, sind sie allerdings zu dem Resultate gelangt, daſs den Angaben der alten cultivirten Völker dennoch eine genaue Maſsbestimmung ursprünglich zum Grunde gelegen habe. Es kann hier nicht der Ort seyn, im Einzelnen zu prüfen, inwiefern diese Behauptung auf hinlänglich sichern Gründen beruhe, um so mehr als die oft nur fragmentarischen Angaben der Schriftsteller keine sichere Grundlage geben und in dem langen Zeitraume manche zu bedeutenden Verschiedenheiten führende Abänderungen gemacht worden seyn können. Diesemnach werde ich mich begnügen, diejenigen Bestimmungen in einer kurzen Uebersicht mitzutheilen, welche nach den gewichtigsten Autoritäten als die richtigsten anzusehen sind.

a) Aegyptische Maſse.

Man ist ziemlich allgemein darüber einverstanden, daſs die Wiege der Cultur in Aegypten zu suchen sey, und wenn man berücksichtigt, daſs dieses Land schon zu den Zeiten Jakob's, also etwa 1860 Jahre vor Christi Geburt, eine geordnete Staatsverfassung hatte und durch Caravanenhandel mit benachbarten Völkern in Verbindung stand, wenn man erwägt, daſs Moses dort lernte und auch die ältesten griechischen Gelehrten, z. B. Thales, Pythagoras, Empedokles, Eratosthenes, Aristarch, Posidonius, Hipparch, selbst Euklides und viele andere, ihrer Studien wegen dorthin reisten, so läſst sich

dieses wohl kaum in Zweifel ziehn. In näherer Beziehung auf Maſsbestimmungen hat auſserdem die Astronomie in Aegypten ihren Anfang genommen und die noch vorhandenen Ueberreste uralter, meistens colossaler Gebäude beurkunden evident, daſs die Bewohner dieses Landes in der Geometrie und Mechanik bewandert seyn muſsten. Diejenigen Schriftsteller, welche mit vieler Anstrengung sich bemühten, die eigentliche Gröſse der bei den alten Völkern bis auf die neuern Zeiten herab üblichen Maſse wieder aufzufinden, unter denen ich nur die vorzüglichern nennen zu dürfen glaube, nämlich Jac. Capelle[1], J. C. Eisenschmid[2], Bernardus[3], Arbuthnot[4], Christiani[5], Paucton[6], insbesondere Romé de l'Isle[7], Lesparet[8] und Jomard[9], sind insgesammt darüber einverstanden, daſs die bei den Griechen und Römern gebräuchlichen Maſsbestimmungen gröſstentheils von den Aegyptiern entlehnt wurden. Ungleich allgemeiner läſst sich indeſs der Satz aufstellen, daſs die am häufigsten vorkommenden ursprünglichen oder ersten Längenmaſse von Theilen des menschlichen Körpers entnommen sind, wie dieses namentlich bei dem Fuſse der Fall ist. Hierbei zeigt sich indeſs sogleich eine groſse Schwierigkeit, nämlich zu bestimmen, nach welchen Grundsätzen oder wirklichen Messungen diese Gröſsen festgesetzt worden sind, da namentlich der Fuſs eines Menschen keine constante Gröſse ist und auſserdem die bei den verschiedenen Völkern üblichen Fuſse mit der Gröſse der Menschen in diesen Gegenden in keinem genauen Verhältnisse stehn. Darf man nach

1 De ponderibus, nummis et mensuris libb. V. Franc. 1606. 4.

2 De ponderibus et mensuris veterum Romanorum, Graecorum, Hebraeorum etc. disquisitio. Argent. 1708. 8.

3 De ponderibus et mensuris. Oxon. 1685. 4.

4 Tables of ancient Coins, Weights and Measures. Lond. 1727. 4.

5 Delle Misure. Venet. 1760. 4.

6 Métrologie. Par. 1780.

7 Métrologie, ou Tables pour servir à l'intelligence des poids et mesures des Anciens cet. Par. 1789. 4. Uebers. durch Groſse. Braunschw. 1790. 8.

8 Métrologie. Par. 1801. 2 voll. 4.

9 Recueil d'Observations et de Mémoires sur l'Égypte ancienne et moderne. Tome troisième. (Ohne Jahrszahl; gehört zur Déscription de l'Égypte).

demjenigen urtheilen, was noch heutiges Tags die Erfahrung angiebt, so nimmt man es mit den gangbaren Maſsbestimmungen im Allgemeinen nicht genau und nur das Emporkommen der Geometrie, insbesondere aber ihre Anwendung auf Geodäsie und Künste, ausgebreiteter Handel und hauptsächlich strenge polizeiliche Aufsicht, führen die ausnehmend scharfen Bestimmungen herbei, wodurch sich namentlich die neuesten Zeiten auszeichnen. Inzwischen finden die Alterthumsforscher schon bei den Aegyptiern einen diesem völlig gleichen Grad der Genauigkeit.

Paucton[1] gehört wohl vorzugsweise zu denen, welche zu beweisen suchen, das Normalmaſs der Aegyptier sey vom Umfange der Erde hergenommen, wie dieses neuerdings in Frankreich geschehn ist. Der Beweis hierfür soll darin liegen, daſs 1) die Seite der Basis der sogenannten groſsen Pyramide (bei dem ehemaligen Memphis) 500mal genommen, 2) die Elle des Nilometers, auch heilige Elle genannt, 200000mal genommen, 3) die Länge des Stadiums zu Laodicea 500mal genommen genau die Länge eines Grades der Erde geben. Der nämliche Schriftsteller behauptet dann, daſs die Aegyptier einen normalen Maſsstab aufbewahrt und von diesem die Griechen, wie z. B. Pythagoras, ihre Normalmaſse entnommen hätten. Romé de l'Isle[2] pflichtet dieser Meinung bei und Jomard[3] hält es für ausgemacht, daſs die Aegyptier eine völlig genaue Messung eines Meridiangrades, welcher zwischen Alexandrien und Syene gemessen seyn sollte, besaſsen und hieraus die Grundlage ihres Maſssystems entlehnten. Die Nachricht von dieser Messung soll dann von den Aegyptiern den Griechen, von diesen den Arabern und sonach endlich den neuern Völkern überliefert worden seyn. Die eigentliche Messung fällt nach ihm in das hohe Alterthum, denn dem Eratosthenes gebührt keineswegs die Ehre einer Gradmessung, sondern im Besitze der Bruchstücke alter Nachrichten in der ägyptischen Bibliothek entlehnte er hieraus die Gröſsen jener frühern Messung und theilte diese mit, indem auch selbst Plinius nicht von einer Messung durch ihn, sondern nur von einer

---

1 Métrologie. p. 102.
2 Métrologie. p. XXXII ff.
3 Recueil d'Obs. p. 550.

Digitized by Google

Mittheilung einer solchen redet. Als Beweise für diese Behauptungen dienen zuerst die ausgezeichneten geometrischen Kenntnisse der Aegyptier, worin sie nicht bloſs Lehrer der Griechen waren, sondern die sich auch in praktischen Anwendungen zeigten. Ob sie indeſs in der Geometrie weitere Fortschritte gemacht hatten, als bis wohin etwa Euklides reicht, geht aus den vorhandenen Ueberlieferungen nicht hervor, und dieses genügt keineswegs zu einer genauen Gradmessung. Aus den Werken der ägyptischen Baukunst, aus ihren Schleusen und Bewässerungsanstalten ergiebt sich zwar, daſs die Kenntniſs der Mathematik für die technische Anwendung derselben hinlänglich ausgebildet war, was sich vor allen Dingen daraus abnehmen läſst, daſs sie nach dem Zeugniſs des Plinius[1] den höhern Stand des rothen Meeres über dem mittelländischen kannten, allein auch dieses ist für die höhern geodätischen Operationen keineswegs ausreichend.

Als ein zweiter Beweis werden die astronomischen Kenntnisse der alten Aegyptier angeführt. Daſs die Wiege der Astronomie in Aegypten zu suchen sey, leidet wohl keinen Zweifel; ob aber diese Wissenschaft dort so ausgebildet war, als Jomard annimmt, ob sie die Bewegung der Erde kannten[2], die Parallaxe des Mondes und der Sonne, die Bahnen der Planeten u. s. w., hauptsächlich aber, welchen Grad der Genauigkeit alle diese Kenntnisse bei ihnen erreicht hatten, hierauf ruht ein undurchdringlicher Schleier. Hinsichtlich ihrer praktischen Operationen behauptet zwar Jomard, daſs namentlich die Pyramiden völlig genau orientirt seyen, wozu die schwierige Operation des Findens der Mittagslinie erforderlich gewesen wäre, allein Grobert[3], ein erfahrener Ingenieur, will dieses nicht gefunden haben.

Den dritten und vorzüglichsten Beweis, daſs dem Maſssysteme der Aegyptier die Messung eines Meridiangrades zum

1 Hist. Nat. L. VI. cap. 29.

2 Hierfür wird die bekannte Stelle aus Copernicus de Revol. praef. ad Paul. III. angeführt: Reperi apud Ciceronem, primum Nicetam scripsisse, terram moveri... Indeſs konnte Nicetas, ohnehin ein Grieche aus Syracus, zu seiner Zeit ebenso, als später Copernicus, auf diese Hypothese verfallen, ohne daſs die Astronomie auf einer höhern Stufe stand, als zu den Zeiten des Letztern.

3 Mon. Corr. Th. II. S. 586.

Digitized by Google

Grunde gelegt worden sey, findet Jomard in dem Verhältniſse der ägyptiſchen Maſse bei den Pyramiden und andern Werken der Baukunst zur genauen Länge eines ſolchen Grades. Die Seite der groſsen Pyramide 480mal oder ihr Umfang 120mal genommen giebt genau einen Meridiangrad in Aegypten, welcher unter 27° 40′ N. B., alſo in der Mitte Aegyptens, 110828 Meter beträgt. Vom Aequator bis Syene, alſo bis 24° 5′ 23″ N. B., ſind nach dieſem Maſse 2670000 Meter und bis zum Parallel von Alexandrien, alſo 31° 13′ 5″ N. B., 3460000 Meter. Hipparch giebt dieſen Abſtand am genaueſten zu 21800 Stadien an, welche Zahl in jene dividirt das Stadium = 158,7 Meter giebt, deſſen Länge genau 158,5 Meter beträgt[1]. Jomard legt bei dieſen Beſtimmungen eine Abplattung von $\frac{1}{334}$ und eine Länge des mittlern Grades von 57008 Toiſen zum Grunde. Die letztere Beſtimmung iſt ſehr nahe richtig, und würde die neuerdings gefundene Abplattung angenommen, ſo fiele die Gröſse des mittlern Grades in Aegypten noch etwas geringer aus und es folgte dann eine noch genauere Uebereinſtimmung des Stadiums mit der Länge des mittlern ägyptiſchen Meridiangrades. Ungleich weniger überraſchend, als dieſes Zuſammentreffen insbeſondere für diejenigen ſeyn muſs, welche den alten Völkern einen ſehr hohen Grad der wiſſenſchaftlichen Cultur beizulegen ſtreben, iſt das Maſs der alten Stadt Babylon. Der Umfang derſelben betrug nach Herodot 480 Stadien, nach Ktesias und andern 360, nach Dio Cassius 400 Stadien; Jomard[2] nimmt 360 als die richtige Zahl an und bemerkt, daſs dieſe genau 400 nach demjenigen Maſse der Stadien betragen, wonach Archimedes rechnete, und 480 ägyptiſche Stadien, die Herodot am genaueſten kannte. Die urſprüngliche Zahl von 360 giebt genau die Zahl der Grade des Kreiſes und der Tage im Jahre, die anfänglich ſo groſs war, weswegen nach Curtius der Umfang zu 365 Stadien angegeben wird. Indem aber die Babylonier ihre Kenntniſſe von den Aegyptiern entlehnt hatten, ſo zeigt ſich auch hierin, wie in mehrern andern Ueberbleibſeln der ägyptiſchen Baukunſt, daſs jenes Volk ſeine aſtronomiſchen Kenntniſſe in den Dimenſionen ſeiner Gebäude verewigte und man daher

1 Recueil d'Obs. p. 13. 547.

2 Ebend. p. 349 ff.

berechtigt ist, von diesen auf ein ihrem Maſssysteme zum Grunde liegendes allgemeines astronomisches Maſs zu schlieſsen.

So vielen Schein diese Argumentation für sich hat und so wenig auch solche in das dunkle Gebiet der antiquarischen Forschung sich verlierende Hypothesen mit absoluter Gewiſsheit widerlegt werden können, so lassen sich dennoch sowohl ihr selbst, als auch den Voraussetzungen, worauf sie beruht, und den Folgerungen, wozu sie führt, die gewichtigsten Gegengründe entgegenstellen, die hier nothwendig zur Sprache kommen müssen, weil von vielen, namentlich französischen Schriftstellern oftmals ähnliche Behauptungen aufgestellt worden sind und es für die Geschichte der Maſssysteme nicht gleichgültig ist, ob schon die ältesten derselben von einer unveränderlichen Basis ausgingen. Die hauptsächlichsten Gegengründe sind folgende:

1) Hätte in uralten Zeiten in Aegypten eine solche Messung statt gefunden, so würden ihre Endpuncte nicht Syene und Alexandrien, sondern sicherlich Syene und Memphis gewesen seyn, denn letztere war damals Hauptstadt und die groſse Pyramide, durch die das Ergebniſs dieser Messung dargestellt seyn soll, wäre ohne Zweifel damit in Verbindung gesetzt worden. Daſs erst später unter Alexander die nach ihm benannte Stadt zum Sitze der Könige und der Gelehrsamkeit wurde, konnte zur Zeit jener alten angenommenen Gradmessung niemand wissen und es war daher unmöglich, diesen Punct als Endpunct der groſsen Operation einer Messung von sieben Breitengraden dem viel gelegenern, welchen Memphis darbot, vorzuziehn. Wollte man aber mit Jomard annehmen, daſs Eratosthenes ohne eigentliche Messung aus den Nachrichten einer zwischen Syene und (höchst wahrscheinlich) Memphis wirklich bewerkstelligten Gradmessung die ihm zugeschriebene so, als wäre sie zwischen Syene und Alexandrien vorgenommen, zusammengesetzt habe, so überträfe die wirklich zugestandene Genauigkeit dieser letztern bei weitem alles das, was früher nur geleistet worden seyn konnte. Auſserdem aber würde es kaum begreiflich seyn, daſs sich bei keinem Schriftsteller irgend eine Nachricht von einer solchen frühern Messung erhalten haben sollte, da doch das Denkmal derselben in der groſsen Pyramide noch existirte und die Kenntniſs der Mathematik sich ohne eine Katastrophe des gänzlichen Unter-

Digitized by Google

gangs bis zu den Griechen und namentlich dem Eratosthenes fortpflanzte, welcher unmöglich die Resultate einer so wichtigen Operation mittheilen konnte, ohne der Rüge eines Plagiats durch seine Zeitgenossen ausgesetzt zu seyn, denen die Schätze der Alexandrinischen Bibliothek gleichfalls zugänglich waren.

2) Wie hoch man auch die mathematischen Kenntnisse der alten Aegyptier anschlagen mag, so genügten sie doch keineswegs zu einer Gradmessung von solcher Genauigkeit, daſs diese die Basis eines metrischen Systems werden konnte. Die Richtigkeit dieser Behauptung ergiebt sich evident aus einer Vergleichung der fortschreitenden wissenschaftlichen Cultur bei den alten und den neuern Völkern. Bloſse mathematische Speculationen können in der Auffindung der Gröſsenverhältnisse zu bedeutenden Resultaten führen, ohne daſs zugleich die für eine solche Operation erforderlichen physikalischen Kenntnisse und hauptsächlich artistischen Fertigkeiten hinlänglich fortrücken. Bringt man bloſs die erwiesenen Leistungen im ganzen Gebiete der Mathematik in Anschlag, die Kunstfertigkeit in der Verfertigung genauer Meſswerkzeuge mit inbegriffen, so wird niemand in Abrede stellen, daſs diese in den neuern Zeiten durch Galilei, Pascal, Cartesius, de la Hire, Cassini, Huyghens, Newton bis auf die Bernoulli's herab ungleich weiter fortgerückt waren, als bei den alten Völkern, und dennoch waren sie für eine solche geodätische Operation ungenügend. Namentlich konnte die Bestimmung der Polhöhe mit einem Gnomon unmöglich die erforderliche Schärfe erhalten, Zeitbestimmungen durch genaue Uhren sind hierfür ganz unerläſslich, letztere setzen aber, wie die Geschichte des allmäligen Fortschreitens der Wissenschaft gezeigt hat, die Kenntniſs des Pendels voraus, das scharfe Auffassen des Satzes von der Axendrehung der Erde muſste zur Hypothese von der Abplattung führen, und hiernach konnten die Aegyptier, wenn sie diese besaſsen, nicht alle Grade vom Aequator bis Alexandrien für gleich groſs halten, wie erweislich bei ihnen der Fall war; in den ersten Zeiten nach Newton aber war man von der Abplattung der Erde schon genügend überzeugt, ohne daſs dennoch eine so genaue Gradmessung, als bei den Aegyptiern ausgeführt worden seyn soll, schon damals im Bereiche der

Möglichkeit lag, wie der Gang dieser Operationen in der nachfolgenden Zeit evident beurkundet.

3) Jomard und die übrigen Vertheidiger dieser Hypothese scheinen einen Hauptumstand vergessen zu haben, nämlich daſs einer solchen angenommenen Messung zum Behuf der Grundlage eines metrischen Systems nothwendig ein schon genau bestimmtes Maſs vorausgehn muſste; denn bekanntlich kann man ohne ein Maſs nicht messen. Auch in Frankreich ist das Meter als normale Gröſse des gesammten Maſssystems durch Gradmessungen bestimmt, allein dieses ist auf den vorher schon genau bestimmten alten Pariser Fuſs und die Toise von Peru gegründet worden, welche noch fortdauernd dabei als Normalmaſs zum Grunde liegt. Nun lieſse sich zwar durch das Hülfsmittel einer willkürlichen Hypothese dadurch ein Ausweg eröffnen, wenn man annehmen wollte, daſs die ältern Maſse durch die neuern gänzlich verdrängt worden wären, allein es ist wohl ganz unmöglich, daſs nicht beide und namentlich ihr gegenseitiges Verhältniſs in irgend einer kenntlichen Spur bis auf diejenigen Zeiten erhalten worden seyn sollte, als die Griechen die ägyptischen Maſsbestimmungen zu untersuchen und der Nachwelt zu überliefern anfingen.

Bei solchen überwiegenden Gründen müssen wir also die Hypothese aufgeben, daſs die Aegyptier ein festes Maſssystem auf eine genaue Messung eines Erdmeridians gegründet haben sollen, und der Ursprung ihrer normalen Längenbestimmungen ist daher anderswo zu suchen, um so mehr, als die letztern ohne willkürliche Hypothesen keineswegs denjenigen hohen Grad der Uebereinstimmung mit der Gröſse eines Meridiangrades haben, welchen die Vertheidiger der geprüften Hypothese ihnen beizulegen geneigt sind. Hierfür entscheiden allein schon die sehr von einander abweichenden Längen der Stadien, die von den verschiedenen Schriftstellern angenommen werden.

Noch eine Frage, welche in Beziehung auf die gesammten Maſssysteme vorläufig in Betrachtung kommt, betrifft die verschiedenen Abtheilungsarten derselben. Nach Jomard[1] war die Eintheilung in *zwölf* im ganzen Oriente gebräuchlich und kam ursprünglich von den Aegyptiern zu den Griechen, von

1 Recueil d'Observat. an v. O., z. B. p. 18.

diesen zu den Römern und wurde auf diese Weise weiter im Occidente verbreitet. Die Ursache dieses Systems der 12 soll darin liegen, daſs diese Zahl so viele Theiler hat; allein auf eine solche Ueberlegung kann man erst bei vorgerückter wissenschaftlicher Cultur verfallen. Die bei allen Völkern vorkommende und neben jedem Systeme bleibende Eintheilung ist in 2 und so nach den einfachsten und kleinsten Zahlen 3 und 4. Daſs eine Multiplication der beiden letztern Gröſsen zur Zahl 12 geführt haben sollte, lieſse sich hypothetisch annehmen, allein ohne hinlängliche Begründung, und überhaupt sind alle diese höhern Zahlensysteme, nach 10 oder nach 12 u. s. w., wissenschaftlichen Ursprungs, gehn aber nie vom Volke und vom gemeinen Gebrauche aus, wo neben diesen höhern Eintheilungen allezeit die kleinern Theilungen wegen der leichtern Auffassung und Uebersicht beibehalten werden. Von der Dekadik, welche man sonst aus der Zahl der Finger an beiden Händen abzuleiten pflegt, scheint mir nach unbefangener Prüfung in Aegypten keine Spur vorhanden und die eigentliche dekadische Zahlenordnung erst durch die arabischen Geometer eingeführt worden zu seyn[1], dagegen finden sich Spuren der Duodekadik in der Abtheilung des Thierkreises, worin sie in den ältesten Zeiten angetroffen wird.

Es scheint mir eine sinnreiche Conjectur, mit Jomard anzunehmen, daſs die Eintheilung des Kreises in 360 Theile durch astronomische Beobachtungen gegeben worden sey. Die Sonne rückt nämlich täglich fast um einen Grad in ihrer Bahn fort, und wenn man sich in die Kindheit der Astronomie versetzt, so kann man sich vorstellen, wie für den ganzen Kreislauf 360 statt 365 gleiche Theile angenommen wurden, um so mehr, da das Jahr anfänglich nur 360 Tage hatte, welche in 12 Monate, jeden zu 30 Tagen, vertheilt waren. Hierbei kommt aber die Frage in Betrachtung, was die Abtheilung dieser Monate veranlaſst haben mag? Das Sonnenjahr der Aegyptier wurde ursprünglich ohne Zweifel durch die in ihrem Lande jährlich wiederkehrende Fluth veranlaſst, und wollte

1 Man findet allerdings einige Spuren derselben bei den Griechen und sogar auch bei den Indiern nach Whish in Trans. of the Lit. Soc. of Madras. 1827. T. I. p. 54.; zum eigentlichen Systeme ist sie aber erst später erhoben worden.

man annehmen, daſs die Zahl 12 schon eine gewisse Autorität erlangt habe, so könnte hieraus gefolgert werden, daſs sie zugleich Veranlassung der Theilung des Jahres in 12 gleiche Theile geworden sey. Es scheint mir indeſs weit glaublicher, daſs die in 360 Tagen völlig beendigten 12 Mondsumläufe Veranlassung zu dieser Abtheilung gegeben haben, und wenn man einmal unvollkommene Beobachtungen und das damit verbundene Bestreben nach gleichmäſsiger Eintheilung voraussetzt, so konnte mit gegenseitiger Ausgleichung der Fehler das Sonnenjahr von 360 Tagen und dessen Abtheilung in 12 gleiche Monate von 30 Tagen aus unvollkommenen astronomischen Beobachtungen entspringen, woraus dann die 12 Zeichen des Thierkreises von selbst folgten. Obgleich diese Hypothese sehr nahe liegt, so fehlen ihr doch directe historische Beweise, mit Ausnahme der allerdings begründeten Annahme der Jahreslänge von 360 Tagen, welche aus dem Umfange der Stadt Babylon gefolgert werden kann, der nach Htesias und vielen andern Schriftstellern 360 Stadien und nach Diodorus Siculus so viel als Tage im Jahre betrug[1], aus welchem Grunde andere ihn zu 365 angaben. Daſs sich die geschichtlichen Documente dieser möglichen Eintheilung verloren haben, ist keineswegs zu verwundern, da nach Ideler[2] die Festsetzung des aus 365,25 Tagen bestehenden Jahres schon in 1322 vor Chr. G. fällt.

Eine hiermit übereinstimmende, jedoch nicht unmittelbar und nothwendig darauf folgende Abtheilung der Alten ist die des Tages in 60 Minuten, welche wieder in 60 Secunden und diese in ebensoviele Tertien und letztere sogar in Quarten getheilt wurden, eine nach Bailly auch bei den Indiern statt findende Eintheilung. Jomard zeigt, daſs nach Achilles Tatius[3] der Umfang des Kreises in 60 Theile getheilt wurde, wonach in Beziehung auf den Erdmeridian 6 solche Theile auf jede Polarzone, 5 auf jede der gemäſsigten und 8 auf die äquatorische kamen, im Ganzen 30 auf den halben Erdumfang, eine Abtheilung, welche sich auch bei Geminus[4] wieder findet.

1 Jomard Recueil etc. p. 345 ff.
2 Handbuch der Chronologie Th. I. S. 126.
3 Uranolog. cap. 26.
4 Elem. Astron. cap. 4. Uranol. p. 19.

Digitized by Google

Nach ERATOSTHENES wurde der 60ste Theil des Kreiſes wieder in 60 Theile, jeder von dieſen abermals in 60 Theile getheilt, welche Eintheilung ſich in ägyptiſchen Maſsen wiederfinden läſst. Beide Sexageſimal-Eintheilungen, nämlich der Zeit und des Kreiſes, ſcheinen hiernach in Aegypten entſtanden und auch dann im Weſentlichen beibehalten worden zu ſeyn, als die Eintheilung des Tages in zweimal 12 Theile als eine hierfür paſslichere angenommen wurde [1]. Wodurch übrigens dieſe Sexageſimal-Eintheilung entſtanden ſey, finde ich nirgends angegeben.

In Beziehung auf die einzelnen, im ältern Aegypten gebräuchlichen Längenmaſse läſst ſich Folgendes als das Weſentlichſte aus den erhaltenen Documenten beſtimmen. Eins der bei vielen Völkern am meiſten gebräuchlichen Maſse iſt der *Fuſs*. Bei den Aegytiern iſt dieſer aus der mittlern Natur des Menſchen entnommen, welche durch die *Orgyie* (ὀργυιά von ὀρέγω, extendo) ausgedrückt und nach einer durch JOMARD [2] vorgenommenen Vergleichung der vorhandenen Figuren im Mittel auf 1,847 Meter feſtzuſetzen iſt. Der vierte Theil dieſer Gröſse giebt dann die *Elle* (πῆχυς) = 0,4618 Met., der ſechste Theil aber den Fuſs (ποῦς) = 0,3079 Meter. Kleinere Maſse, als der Fuſs, war die *Spithame* [3] (σπιθαμή Spanne, von σπίζω extendo), ungefähr 3 Palmen enthaltend, alſo = 0,2309 Meter, die *Palme* (παλαιστή oder παλάμη, die Breite der flachen Hand) und der *Dactylus* (δάκτυλος, digitus), die Breite des Fingers. Beide Namen ſtimmen, jener mit dem Blatte, dieſer mit der Frucht der Palme überein, und JOMARD [4] vermuthet daher, daſs ebenſo, wie bei den Arabern 6 nebeneinander gelegte Gerſtenkörner ein Normalmaſs abgaben, bei den Aegyptiern 6 Datteln eine Palme, 12 eine Spithame und 24 eine Elle ausmachen konnten. Die Palme betrug 0,077 und der Dactylus 0,01925 Meter. Die Elle (πῆχυς) war ein gleichſam geheiligtes Maſs bei den Aegyptiern, inſofern es auf die Nil-Meſser getragen war, und lag nach JOMARD vermuthlich den Gefäſsen für Flüſsigkeiten als Norm zum Grunde.

---

1 JOMARD Recueil p. 22 ff.

2 Ebend. p. 119 ff. 263 ff.

3 Dieſe iſt bloſs als griechiſches Maſs bekannt, war aber vielleicht aus Aegypten entlehnt.

4 Ebend. p. 475.

Digitized by Google

Zu den gröſsern Maſsen gehören die *Ruthe* (ἄκαινα, κάλαμος), aus dem Schilfrohre, welches in Menge am Nil wächst. Sie enthielt 10 ägyptische Fuſs und diente zum Ausmessen der durch die Nil-Ueberschwemmungen unkenntlich gewordenen Felder; nach jetzigem Maſse betrug sie 3,079 Meter. Der *Schritt* (βῆμα) ist zwar überall sehr willkürlich bestimmt, inzwischen gehn 4 auf eine Ruthe und seine Gröſse beträgt also 0,77 Meter. Das *Stadium* (στάδιον) oder die Stadie wird zwar meistens als ein ursprünglich griechisches Maſs angesehn, aber Jomard sucht etymologisch zu beweisen, daſs dieses Maſs vielmehr aus dem Oriente nach Griechenland kam, wo seine Gröſse sehr verschieden angenommen wurde. Das ägyptische Stadium enthielt 60 Ruthen und betrug also 184,72 oder in runder Zahl 185 Meter, jedoch findet man bei Herodot, Aristoteles, Megasthenes, Nearchus u. a. ein kleineres Stadium von nahe 100 Metern Länge, bei Eratosthenes, Hipparch und Strabo ein gröſseres von nahe 159 Metern Länge und selbst andere noch kleinere. Dasselbe enthielt 6 *Plethren* (πλέθρον), ein Maſs, dessen griechische Etymologie unbekannt ist und das daher nach Jomard vielleicht aus Aegypten abstammt, 10 Ruthen enthielt und also 30,79 Metern gleichkommt. Die *Meile* (μίλιον) war hauptsächlich ein hebräisches Längenmaſs, allein Jomard[1] vermuthet aus der Uebereinstimmung dieser Gröſse mit andern ägyptischen Maſsen, daſs auch in Aegypten eine solche Bestimmung bekannt gewesen sey, welche im Allgemeinen 1000 kleinere Gröſsen enthält. Heron setzt sie 1000 Orgyien gleich und es ist möglich, daſs das Wort aus dem Hebräischen (מיל, mil) herzuleiten ist. Nach Epiphanias enthält sie 3000 ägyptische Ellen und beträgt also 1385,41 Meter, wenn man anderweitige Bestimmungen vernachlässigt. Die beiden gröſsern Maſse, *Schoenus* und *Parasange*, sind vielfach mit einander verwechselt worden, jedoch rührt dieses nach den Untersuchungen von Ed. Bernardus[2] und d'Anville[3] daher, daſs ersteres, ursprünglich ägyptisch, und letzteres, eigentlich persisch, ziemlich nahe die nämliche Gröſse bezeichneten. Schoenium (σχοινίον, von σχοῖνος, Binsen) be-

1 Recueil d'Obs. p. 241.
2 De ponderibus et mensuris p. 244.
3 Trai.é des mesures itineraires p. 93.

deutet der Etymologie nach einen Strick, ein Seil aus Binsen geflochten, und soll zur Bestimmung eines Längenmaſses geworden seyn, entweder nach den Stationen, in welchen die Schiffe mit Seilen den Nil aufwärts gezogen wurden, oder nach der Ausmessung des Feldes. Nach Herodot gab es drei verschiedene Maſse dieser Art, wovon nach der Valvirung das eigentliche 5985, das groſse 11083,3 und das kleine 5541,65 Meter betrugen; letzteres ist dann die ägyptische Parasange. Heron von Alexandrien rechnet auch den *Dichas* oder *Lichas* (διχὰς, λιχὰς, auch χοινοστόμος) unter die alten ägyptischen Maſse, und giebt ihm den Werth von zwei Palmen oder 0,1539 Metern, welches der Bestimmung durch Pollux nach Bernardus zu 10 Dactylen (0,1925 Meter) ziemlich nahe kommt. Wenn man also von den aus den ungleichen Angaben der verschiedenen Schriftſteller entstehenden Unbestimmtheiten abstrahirt, so waren die in nachfolgender Uebersicht zusammengestellten und auf neuere reducirten Maſse bei den alten Aegyptiern gebräuchlich.

Schoenus	5985,000	Meter	18425,00	par. Fuſs
Groſser Schoenus	11083,300	—	34119,82	— —
Aegyptische Parasange	5541,65	—	17059,56	— —
— Meile	1385,41	—	4265,40	— —
— Stadium	184,72	—	569,14	— —
— Plethrum	30,79	—	94,53	— —
Acaena, Ruthe	3,079	—	9,45	— —
Orgyie	1,847	—	5,69	— —
Bema oder Schritt . .	0,770	—	2,370	— —
Pechys oder Elle[1] . .	0,4618	—	1,4202	— —
Fuſs	0,3079	—	0,9478	— —
Spithame	0,2309	—	0,7108	— —
Dichas oder Lichas . .	0,1539	—	0,4737	— —
Palaiste oder Palme . .	0,0770	—	0,2369	— —
Dactylus oder Finger	0,01925	—	0,0592	— —

1 Die Bestimmung der Elle oder des *Cubitus* nach Jomard stimmt mit der durch Girard nicht überein. Nach Letzterem sind nämlich mehrere Exemplare des alten ägyptischen *Cubitus* gefunden worden, welche sämmtlich in 7 Palmen und 28 Finger getheilt sind und zwischen 0,524 bis 0,527 Meter betragen. Mém. de l'Acad. des Sc. T. IX. p. 591. Vergl. Hertha XII. S. 228.

Digitized by Google

Rücksichtlich der Flächenmaſse bei den alten Aegyptiern ist es natürlich, daſs bei ihnen, wie überall, die gesammten Längenmaſse auch zum Messen der Flächen verwandt wurden. Inzwischen ist schon bemerkt worden, daſs das Feld in Aegypten, wenn die Begrenzungen durch die Fluth unkenntlich geworden waren, stets wieder ausgemessen, vertheilt und nach seinem Flächeninhalte versteuert wurde, und aus diesem Grunde muſste es daher bei ihnen nothwendig mehrere bestimmte Feldmaſse geben. Eins der gebräuchlichsten war *Arura* (*ἄρουρα*), ein Wort von nicht genau bekannter Ableitung, welches jedoch bei den ältesten griechischen Schriftſtellern vorkommt und nach Jomard[1] mit der ägyptischen Gottheit *Aruris* zusammenhängen kann. Die Arura betrug ein Quadrat von 100 Ellen Seite und zeigt sich hierin also eine dekadische Abtheilung nach Hunderten, welche im quadratischen Maſse öfter getroffen wird. Der vierte Theil dieser Gröſse oder ein Quadrat von 50 Ellen Seite erscheint auſserdem als natürliches Feldmaſs und nicht minder ein Quadrat von 25 Ruthen Seite. Endlich war das Stadium ein so allgemein bekanntes Längenmaſs in Aegypten, daſs sich schon in voraus erwarten läſst, dasselbe sey als Flächenmaſs gleichfalls gebraucht worden. Die sämmtlichen, von alten Schriftſtellern genannten quadratischen oder Flächenmaſse hat Jomard[2] in folgender Uebersicht zusammengestellt.

Stadium	Diplethrum	Arura	Plethrum	¼ Arura	Schoenus	25 Ruthen	Ruthe	Par. Fuſs	Meter
1	9	16	36	64	100	400	10000	360000	34151
	1	$1\frac{7}{9}$	4	$7\frac{1}{9}$	$11\frac{1}{9}$	$44\frac{4}{9}$	$1111\frac{1}{9}$	40000	3794,5
			2,25	4	6,25	25	625	22500	2134,4
			1	$1\frac{7}{9}$	$2\frac{7}{9}$	$11\frac{1}{9}$	$277\frac{7}{9}$	10000	948,64
				1	$1\frac{9}{16}$	$6\frac{1}{4}$	$156\frac{1}{4}$	5625	533,61
					1	4	100	3600	341,51
						1	25	900	85,37
							1	36	3,415
								1	0,095

Ueber die Inhaltsmaſse für trockne und flüssige Körper finde ich in den Werken über die Metrologie so wenig, daſs

1 Recueil d'Observ. p. 526.
2 Ebend. p. 353 ff.

Digitized by Google

ich ohne ein für den vorliegenden Zweck unbelohnendes tieferes Studium der Quellen darüber gar nichts mittheilen kann.

Die neuern Maſse der Aegyptier sind den ältern fast durchaus gleich oder lassen sich leicht darauf zurückführen. Das Wesentlichste, was Jomard[1] nach seinen Untersuchungen hierüber mittheilt, ist Folgendes. Ein sehr gebräuchliches Maſs, namentlich in Cairo und überhaupt in Aegypten, ist die *Elle* (*Derah* oder *Pyk*), deren es drei verschiedene giebt. Als legales Maſs ist wohl die türkische Elle (*Pyk stambuli*), oder die von Constantinopel, zu betrachten, welche 0,677 Meter oder 25,02 Zoll beträgt. Die im Lande gebräuchliche Elle dagegen (*Derah* oder *Pyk-belady*), welche als Handelsmaſs dient, hält 0,5775 Meter oder 21,34 Zoll. Hierneben besteht noch eine auf die Nilmesser getragene Elle (*Pyk-meqyas*), welche nur mit Mühe durch die französischen Ingenieure aufgefunden wurde und im Mittel 0,5407 Meter oder 19 Zoll 11 Lin. beträgt. Sie wird in 24 Zoll getheilt. Es ist indeſs merkwürdig, daſs die öffentlichen Ausrufer der Ueberschwemmungen in Cairo nach einem kleinern Maſse rechnen, um die Hoffnungen des Volkes zu beleben und die Erhebung der Steuern zu erleichtern, denn hiernach beträgt die Elle nur 0,361 Meter oder 13 Z. 4 Lin., also 16 Zoll der *Pyk-meqyas*, sie wird aber dennoch gleichfalls in 24 Zoll getheilt. Kleinere Maſse sind das *Fetr*, der dritte Theil der gewöhnlichen Elle, = 192,5 Millimeter und das *Chebr* oder der dritte Theil der türkischen Elle. Ein sehr allgemein durch ganz Aegypten vielfach und insbesondere zum Messen des Feldes gebrauchtes Maſs ist die Ruthe, *Qasab*. Nach dem ächten, zu Gizeh verwahrten Modelle beträgt sie 3,85 Meter, wonach also 3 derselben 20 gemeine Ellen ausmachen, wie auch Girard[2] gefunden hat; indeſs ist bei den Kopten ein kleinerer *Qasab* gebräuchlich, um das Maſs des steuerpflichtigen Landes gröſser zu erhalten, welches zu diesem im Verhältniſs von 19 zu 20 steht. Diese Ruthe ist gröſser als die alte *Acaena* (= 3,079 Meter) und selbst als eine nach Heron in ältern Zeiten gleichfalls in Aegypten gebräuchliche *Acaena*, die sogenannte *hachemica*, welche 3,694 Meter Länge hatte; in-

1 A. a. O. p. 165.
2 Dec. égypt. T. III. p. 42.

Digitized by Google

zwischen sind mehrere ohne Zweifel durch Miſsbräuche eingeschlichene[1] kleinere *Qasabs* in Aegypten gebräuchlich, wie sich aus den ungleichen Feldmaſsen schlieſsen läſst. Die Ruthe dient nämlich zum Ausmessen des Feldes, indem eine Quadratfläche von 20 *Qasab* Seite einen *Feddan* bildet. Die Seite dieser Fläche beträgt also 133,3 gemeine Ellen oder 77 Meter, die Fläche selbst aber 5929 Quadratmeter. Sie wird wieder in 24 *Qyrat* getheilt, welche Gröſse sich jedoch nicht auf eine ganze Zahl von Ruthen, Ellen oder Fuſsen der Seite zurückbringen läſst und vermuthlich aus der Gewohnheit der Aegyptier, in 12 oder 24 Theile zu theilen, entstanden ist. Ein hiervon verschiedenes *Qyrat* ist bei den Steinhauern in Cairo gebräuchlich und beträgt 0,77 Meter oder den fünften Theil des legalen *Qasab* von 3,85 Meter, wird in 3 Theile, *Tult* genannt, oder in 6 *Nus-Tult* getheilt, welches letztere Maſs in 4 Theile, jeden = 0,096 Meter, getheilt wird. Ein genaues Maſs der Wege giebt es in Aegypten nicht, denn ihr *Malaqat* oder Stunde Weges ist sehr ungleich und erhält durch die Art zu reisen, je nachdem diese langsamer oder schneller ist, verschiedene Bestimmungen.

b) Jüdische Maſse.

Die Maſse der Hebräer sind verhältniſsmäſsig sehr genau bekannt, weil sie meistens in den heiligen Schriften vorkommen und daher frühzeitig die Commentatoren zu nähern Bestimmungen veranlaſsten. Es versteht sich ohnehin von selbst, daſs sie insgesammt von den Aegyptiern entlehnt wurden, allmälig aber rücksichtlich ihrer Gröſse eine Veränderung erlitten. Uebrigens lagen ihrem Ursprunge die nämlichen natürlichen Längen zum Grunde, die wir auch bei andern wiederfinden. Auch von diesen giebt Jomard[2] eine gewiſs hinlänglich vollständige Uebersicht.

Tagereise (*σταθμὸς, iter unius diei*) war eine Strecke von 200 ägyptischen Stadien und betrug also 200 × 184,72 oder 36944 Meter. Nach S. Epiphanias gab es auch kleinere

---

1 Dieses scheint mir der Wahrheit näher zu liegen, als mit Jomard anzunehmen, daſs mehrere ungleiche, sämmtlich legale Ruthen existiren oder existirt haben sollten.

2 In den zum Recueil d'Obs. gehörigen Tabellen No. VI.

Digitized by Google

Stationen von 45 Stadien, welche jedoch bloſs die Entfernungen für das Wechseln der Zugthiere bezeichnen[1].

Die *Meile* der Juden (*μίλιον*, מִיל, *mil*, eigentlicher כִּבְרַת, *Kiberath* oder *σαββάτου ὁδός*, ein Sabbathsweg) betrug 7,5 Stadien oder 1108,33 Meter. Ob es noch eine kleinere von 5 Stadien gab, ist ungewiſs[2].

Das hebräische *Stadium* (*στάδιον*, nach Reland[3] talmudisch רִיס, *ris* oder רוּס, *rus*) war kleiner als das eigentliche ägyptische und betrug 147,78 Meter.

Auch die Hebräer hatten eine Ruthe (קָנֶה *kaneh*), welche zum Messen des Feldes bestimmt war, drei solcher Schritte enthielt, wonach die Meilen gemessen wurden, oder 6 Ellen, und also 3,325 Metern gleich kam.

Der *Schritt* (*βῆμα*, פְּסִיעָה, *pesiah*), oder die doppelte Elle (*διπήχυς*), war eine gewisse Normalgröſse, deren gerade 1000 auf eine Meile gerechnet wurden, wie dieses namentlich auch bei den Römern geschah, und seine Gröſse betrug sonach 1,108 Meter. Sonst galt bei ihnen der einfache Schritt soviel als die legale Elle (*πῆχυς*, אַמָּה, *amah*, auch גֹּמֶד, *gomed*), deren 2000 auf die Meile gingen und welche also 0,5541 Metern gleichzusetzen ist. Sie betrug in genähertem Werthe $1\frac{1}{13}$ der ägyptischen *pyk-meqyas* oder *ἑπταδῶρον* der Hebräer und $1\frac{1}{5}$ einer kleinern Elle, *πενταδῶρον*.

Der legale *Fuſs* (*ποῦς*, שירים, *seraïm*[4]) war einer der gröſsten im Alterthume und betrug 0,3674 Meter; auſserdem aber hatten sie einen, dem ägyptischen ganz gleichen (*σπιθαμή*, זֶרֶת, *sereth*, die Spanne) von 0,2771 Meter Länge. Endlich waren die kleinern Maſse denen bei andern Völkern im Wesentlichen gleich, als die *Palme* (*παλαιστή*, טֶפַח, *tefach*) = 0,0924 Meter, der groſse oder *Doppelzoll* (סִיטָה,

---

1 Nach Reland Palaest. p. 400 hat die Tagereise, die auch *dieta* heiſst, kein bestimmtes Maſs.

2 Nach Gesenius Lex. ist כִּבְרַת, meistens mit dem Zusatze אֶרֶץ (aerez, der Erde), kein bestimmtes Maſs; der *σαββάτου ὁδός* aber, nach spätern Verordnungen in Folge von 2 Mos. 16, 25. eine Strecke von 2000 Schritten.

3 Relandi Palaestina. l. II. c. 1. p. 400.

4 Nach Bernardus p. 196. Der hebräische Name für Fuſs ist sonst רֶגֶל, *regel*.

Digitized by Google

sitah[1]) = 0,0462 und der einfache (*δάκτυλος*, אֶצְבַּע, *ezbah*[2]) = 0,0231 Meter.

c) Arabische ältere und neuere Maſse.

Bei den Arabern, als einer seit den ältesten Zeiten starken Handel treibenden Nation, welche noch auſserdem so frühe mit den Aegyptiern in Verbindung stand und im Mittelalter zu einer bedeutenden Stufe wissenschaftlicher Cultur gelangte, findet sich aus diesen Gründen ein weitläufiges und sehr ausgebildetes Maſssystem, wovon ich jedoch nur eine Uebersicht nach den gehaltreichen Forschungen Jomard's mittheile. Das gröſsere Hauptmaſs der Araber war die auch zum ägyptischen metrischen Systeme gehörige *Parasange* (Farsakh), deren 20 die Länge eines ägyptischen Grades (*Mohgrä*)[3] und $6\frac{2}{3}$ eines Drittelgrades (*Marhalah*, nach Abulfeda und el Edrisi = 8 Parasangen oder 24 Meilen) betragen und welche also 5541,6 Metern gleichkommt. Die Parasange enthält ferner 3 arabische oder hachemische Meilen = 1847,22 Metern und 25 sogenannte Ptolemäische oder kleinere arabische Stadien (*Ghaluah*) = 221,66 Metern. Bei ihnen ist auch die nach Ed. Bernhard ursprünglich persische *Asla* = 36,944 Metern gebräuchlich, deren 50 auf eine Meile oder 150 auf eine Parasange gehn. Mit den Aegyptiern gemein haben sie ferner die drei oben bereits genannten *Qasab's*, die legale Ruthe von Gizeh = 3,849, die kleinere Ruthe oder *Qasab* von Cairo = 3,752 und die noch etwas kleinere oder *hachemische Qasab* = 3,694 Metern, ferner die ägyptische *Orgyie* (*Hatua*) = 1,847 Metern und das *qyrat* (*βῆμα ἁπλοῦν* des Heron) = 0,77 Metern. Auf gleiche Weise haben sie auch die ägyptischen Ellen und auſserdem noch eine eigenthümliche, nämlich die legale (*pyk stambuli*) = 0,674, die alt-arabische oder persische königliche, sogenannte groſse Elle des Heron, auch hachemische oder kufische Elle genannt, = 0,6157 Metern, die

1 Dieses Maſs finde ich bloſs von Jomard angegeben.

2 Eigentlich der Finger, also auch eines Fingers Breite.

3 Nach Abulfeda und el Edrisi ist *Mohgrä* die Tagereise für ein Schiff, welches nach hachemischen Meilen gerechnet $1\frac{2}{3}$ Grad oder $41\frac{2}{3}$ frans. Meilen beträgt. S. Ed. Bernardus de Mens. et pond. p. 249.

ägyptische und arabische Handelselle, *pyk-beladi* oder *derah-beladi* = 0,5773 Metern, die eingebildete oder falsche Elle des Nilmessers der Insel Rudah, die *pyk-meqyas* = 0,5385 Metern (verschieden von derjenigen, wonach die Ausrufer die Höhe der Ueberschwemmung berechnen, = 0,361 Metern), die Elle des Al-Mamun oder die bei der arabischen Gradmessung gebrauchte, sogenannte schwarze Elle, welche 27mal das Maſs von 6 Gerstenkörnern enthält, = 0,5196 Metern, die gemeine oder kleine Elle, auch neue Elle, bei Herodot vorkommend und in Aegypten gebräuchlich, zugleich der *cubitus virilis* (אַמַּת אִישׁ, *amath isch*) der Bibel, = 0,4618 Metern. Der *Fuſs* der Araber gleicht dem ägyptischen und griechischen und beträgt also 0,3079 Meter; ebenso findet man bei ihnen die *Spithame* als *Chebr* = 0,2309 Metern oder die halbe neue Elle, die *Palme* als *Qabdah* = 0,770 Metern und den *Finger* oder *Dactylus* als *Esbah* = 0,01925 Metern. Zwischen diesen aber liegen ein dem *Orthodoron* des Heron gleichkommendes Maſs *Fetr* von 10 Dactylen = 0,1925 Metern, und ein *Zoll*, oder Daumenbreite, *Ahqd* = 0,02567 Metern so wie auch der 24ste Theil der *pyk-meqyas* am Nilmesser zu Rudah = 0,0225 Metern. Die kleinsten, aber als Normen dienenden Maſse der Araber waren die Dicke von 6 neben einander gelegten Gerstenkörnern und die eines Kameelhaares, welches erstere nach Jomard 0,00321, letzteres aber 0,000535 Meter beträgt. Als Flächenmaſse dienten bei ihnen die Längenmaſse ebenso, als bei den Aegyptiern, namentlich hatten sie den *Feddan*, dessen Seite der 24ste Theil der Meile oder den 72sten der Parasange betrug. Daſs übrigens die hier mitgetheilten Bestimmungen nicht mit den Angaben aller Schriftsteller genau übereinkommen, läſst sich aus der dem Alterthume überhaupt mangelnden Schärfe im Ausdrucke der Zahlengröſsen, die man meistens nur in runder Summe findet, leicht erklären.

d) Griechische Maſse.

Bei der ausgebreiteten Literatur der Griechen und ihrer Bekanntschaft mit allen cultivirten Völkern, indem namentlich Wissenschaft und Kunst von den Aegyptiern zu ihnen übergingen und von ihnen den Römern wieder zugeführt wurden, läſst es sich leicht erklären, daſs die in den verschie-

denſten Ländern üblichen Maſse auch bei ihnen bekannt waren, wenigſtens insoweit, daſs die Schriftſteller ſich ihrer bedienen, um die anzugebenden Gröſsen in ihnen auszudrücken. Dieſen verdanken wir dann auch gröſstentheils die Kenntniſs derſelben; aber bei dem Mangel der in den neueſten Zeiten üblichen Schärfe ſolcher Beſtimmungen und bei den zahlreichen Veränderungen, welche die lange Zeitdauer bei mangelnder unabänderlicher Feſtſtellung nothwendig herbeiführen muſste, laſſen ſich die Verſchiedenheiten der Angaben nur zu gut erklären. Auch um dieſen Zweig der Metrologie hat ſich Jomard ſehr verdient gemacht, und ich folge ihm daher in den kurzen Mittheilungen, welche hier eine Aufnahme verdienen.

Die Griechen bezeichneten den Umfang der Erde nach *Stadien*, deren Gröſse jedoch ſehr ungleich war[1]. Wenn man die verſchiedenen Angaben vereinigt, ſo betrug der Erdmeridian 20471580 Toiſen oder 39899865,6 Meter, wonach der 360ste Theil oder ein mittlerer Grad, *μοῖρα*, zu 56865,5 Toiſen oder 110832,96 Meter angenommen wurde. Sie theilten aber auch den Kreis, wie bereits oben von den Aegyptiern erwähnt worden iſt, in 60 Theile, und dann betrug ein ſolcher Theil, das ἑξηκοστὸν, 341193 Toiſen oder 664997,76 Meter. Aus dem Oriente kannten ſie die *Tagereiſe*, *σταθμὸς*, deren 3 auf einen Grad gehn, deren Länge daher 18954,6 Toiſen oder 36944,32 Meter betrug. Mit Uebergehung des *Schönus* und der *Paraſange*, welche eigentlich jener ein ägyptiſches, dieſes ein perſiſches Maſs, beide aber den Griechen bekannt waren, gehört der *Dolichus* (*δολιχὸς*) unter die griechiſchen Maſse, deſſen Werth jedoch verſchieden angegeben wird. Zunächſt bezeichnet das Wort den langen oder groſsen Weg, welchen die Wagen bei den öffentlichen Spielen im Wettkampfe zurücklegten, wonach alſo eine Verſchiedenheit deſſelben ſtatt fand, je nachdem die ein Stadium betragende Länge der Rennbahn mehrfach zurückgelegt werden muſste und die Rennbahn ſelbſt von ungleicher Länge war. Nach Heron und Epiphanias betrug der Dolichus nur 12 Stadien[2], die zuſammen 1137,31 Tois. oder 2216,66 Metern gleichkommen,

---

1 Vergl. Art. *Erde*. Bd. III. S. 843.

2 Jomard in ſeinen Tabellen.

nach Romé de l'Isle aber soll der gewöhnlichen Annahme gemäſs der Dolichus 16 Stadien, nach andern Autoritäten aber 20 und sogar 24 Stadien, oder genauer 12 ägyptische, 16 nautische, 18 pythische, 20 Stadien des Cleomedes, oder im Ganzen 1369,5 Toisen betragen. Allezeit enthielt der Dolichus halb so viel *Diaulen* (δίαυλος, Doppellauf von einem Ende der Rennbahn oder des Stadiums bis zum andern und wieder zurück), als Stadien, welche nicht als eigentliches Maſs gelten können, ebensowenig als das *Hippikon* (ἱππικὼν, die für Pferderennen bestimmte Bahn), welches zwei Diaulen oder vier Stadien lang war. Dahin gehört dann auch der *Dromus* (δρόμος, Lauf) oder der Weg, welchen ein Schiff mit Segeln oder Rudern in 24 Stunden zurücklegt, dessen Gröſse von den verschiedenen Schriftstellern ungleich angegeben wird, nach Jomard[1] aber in Gemäſsheit der Angaben Herodot's 100000 Metern gleichzusetzen ist. Auch die Meile ist kein ächt griechisches Maſs, obgleich die griechischen Schriftsteller die bei andern Völkern gangbaren Meilen erwähnen. Inzwischen findet sich bei Plinius, Plutarch, Heron dem Geometer, Julianus Architectus u. a. eine Meile (μίλιον), von welcher nach Jomard 80 auf einen Grad nach der Bestimmung der Griechen gehn, deren also $1\frac{1}{11}$ eine römische Meile betragen und die demnach 710,82 Toisen oder 1385,41 Metern gleich zu setzen ist.

Ein eigentliches griechisches Maſs ist das *Stadium* (στάδιον), welches jedoch zum Beweise des groſsen Mangels an scharfer Genauigkeit in der alten Metrologie so verschieden angegeben wird, daſs es nach den weitläufigen Bemühungen von Bernardus, d'Anville[2], Romé de l'Isle, Jomard und andern[3] ein vergebliches Unternehmen seyn würde, sie insgesammt mit einander in Uebereinstimmung zu bringen. Nach den beiden letztern giebt es folgende verschiedene Stadien von ungleicher Gröſse.

1) Das Stadium der Ptolemäer nach Marinus von Tyrus, das *Ghaluah* der Araber, = 113,731 T. oder 221,67 Meter.

---

1 Recueil p. 160. Vergl. p. 237.
2 Mém. de l'Acad. des Inscr. XXVIII. 534. XXVI. 82.
3 Vergl. Ukert in Mon. Cor. XXIII. p. 483.

2) Das ägyptische, durch die groſse Pyramide von Memphis ausgedrückte, auch griechische oder olympische und römische Stadium = 94,776 T. oder 184,72 Meter.

3) Das Stadium des Cleomedes, auch Stadium des Posidonius, = 85,298 T. oder 166,25 Meter. Nach Romé de l'Isle ist jedoch das Stadium des Posidonius zugleich das nautische der Perser oder das herodotische und das Stadium des Cleomedes beträgt nur 68,46 Toisen.

4) Das Stadium des Eratosthenes und Hipparch, welches bei der bekannten Gradmessung des erstern gebraucht worden seyn soll und deren 252000 auf den Umfang der Erde gehn, wonach dasselbe 81,235 Toisen oder 158,33 Metern gleich gesetzt wird.

5) Das babylonische oder persische, auch das asiatische, chaldäische und jüdische genannt, nach Romé de l'Isle das delphische oder pythische, betrug 75,82 Toisen oder 147,78 Meter.

6) Das Stadium des Archimedes, welches nach Dio Cassius 400mal im Umfange der Stadt Babylon enthalten war, nach Romé de l'Isle das persische, herodotische oder des Cleomedes, betrug 68,238 T. oder 133 Meter.

7) Endlich das kleine ägyptische Stadium, auch das des Herodot, Aristoteles, Nearchus, Megasthenes, Dimachus genannte, kurz das am häufigsten gebrauchte, betrug nur 51,179 T. oder 99,75 Meter.

8) Auſser diesen nennt Romé de l'Isle noch ein philetärisches oder königliches Stadium von 600 philetärischen Fuſsen, welches 107,82 T. oder 210,14 Meter betrug.

Kleinere, bei den Griechen gebräuchliche Maſse waren die *Elle*, *πῆχυς μέτριος* des Herodot, die Elle von Samos, bei den Aegyptiern, Griechen und Arabern gebräuchlich, von 1,5 Fuſs oder 2 Spithamen und 12 Zollen, im Werthe = 1,4216 Fuſs oder 0,4618 Metern. Eine kleinere Elle war der *Pygon*, *πυγών*, seltener *πυγμή* (welches eigentlich eine Faust bedeutet, daher *πυγμαῖος*, ein fausthoher Mensch, ein Fäustling, wie ein Däumling, ein Zwerg), nach Heron $\frac{5}{6}$ einer Elle; nach Jomard und Romé de l'Isle aber sind beide unterschieden, und hält der Pygon 1,1849 F. = 0,3849 Meter, die Pygme aber 1,0664 F. = 0,3464 Meter. Der metrische ägyptische und griechische Fuſs, *ποῦς*, der philetärische, königliche oder pto-

lemäische oder arabische, wonach HERODOT, HYGIN, HERON und andere die griechischen und ausländischen Maſse bestimmen [1], betrug 0,9479 F. = 0,3079 Meter. Mit Uebergehung der bereits unter den ägyptischen erwähnten *Spithame* (σπιθαμή oder Spanne [2], des *Dichas* (διχὰς), eines halben Fuſses, meistens *Lichas* (λιχὰς) genannt, der *Palme* (παλύμη oder παλαιστή), deren vier einen Fuſs ausmachten, und des *Fingers, Dactylus* (δάκτυλος), deren 16 auf einen Fuſs gerechnet wurden, welche insgesammt von den Aegyptiern aus bei den Griechen Eingang fanden, kann hier noch der beim HERON GEOMETRA vorkommende KONDYLUS (κόνδυλος) oder das Maſs von zwei Fingern, deren also acht auf einen Fuſs gingen, erwähnt werden. Ihre Werthe nach jetzigem Maſse ergeben sich hiernach von selbst und sind auch bereits oben unter a angegeben.

Einige Maſse wurden zunächst zum Ausmessen der Flächen gebraucht. Dahin gehört das *Plethrum* (πλέθρον), welches dem lateinischen *Jugerum* gleichkommt oder vielmehr das Seitenmaſs desselben ist, betrug 100 griechische Fuſs und gleicht also 94,7761 par. F. oder 30,787 Metern. Auch das oben unter den ägyptischen Maſsen erwähnte *Schoenium* (σχοινίον), war den Griechen bekannt, aber ohne Zweifel bei ihnen nicht so gebräuchlich, als in Aegypten, wo der Ueberschwemmung wegen die Felder so genau und oft wiederholt ausgemessen werden muſsten. Nach HERON dem Geometer gab es zwei verschiedene, das σωκάριον τοῦ λιβαδίον, ein Maſs zum Ausmessen von Wiesengrunde, und das σωκάριον τοῦ σποριμου, zum Ausmessen des Ackerlandes, wovon ersteres 72, letzteres 60 griechische Fuſs enthielt, also jenes 68,2398 par. F. = 22,167 Met., dieses dagegen 56,865 par. F. = 18,472 Metern gleich kam. Ebensowenig scheint die *Ruthe* (ἄκαινα), ein Maſs der ägyptischen Feldmesser, bei ihnen gebräuchlich gewesen zu

---

1 Man nimmt auſserdem einen olympischen, einen pythischen oder delphischen, einen geometrischen, einen des Stadiums des ERATOSTHENES und einen des Stadiums des CLEOMEDES an. Ob und inwiefern alle diese in Gebrauch waren, vermag ich nicht zu entscheiden.

2 Nach einigen ist die Spithame einerlei mit dem Orthodorum (ὀρθόδωρον), nach Jomard aber ist sie 0,2 länger, und letztere beträgt also nur 0,5923 p. F. oder 0,1295 Meter.

seyn, noch auch die *Orgyie* (ὀργυιὰ); dagegen bedienten sie sich der Maſsstäbe von mehrern Fuſsen, namentlich des zehnfuſsigen *Decapus* (δεκάπους) = 9,4776 par. F. oder 3,0787 Metern. Sofern aber das *Xylon* (ξύλον) als Maſs vorkommt, wird es bloſs beim Holze gebraucht und bezeichnet wahrscheinlich einen Stoſs von 4,2694 par. F. oder 1,3854 Meter Seite, denn so groſs wird die Länge des *Xylon* angegeben.

Das Hauptmaſs für trockne Sachen bei den Griechen war der *Medimnus* (μέδιμνος), meistens auch die attische Medimne genannt und hauptsächlich für Kornmaſs bestimmt. Nach Romé de l'Isle betrug dasselbe nahe genau 71 franz. Pfunde und enthielt 2268 franz. Kub.-Zolle. Das nächst kleinere war die *Metreta* (μετρητὴς), wovon 1⅓ auf den Medimnus gehn, wenn von trockenen Sachen die Rede ist, doch wird sie auch der römischen Amphora gleichgesetzt und bezeichnet überhaupt ein Kubikmaſs, welches irgend ein übliches Längenmaſs als Seite hat, kommt daher als solches auch von ungleicher Gröſse bei verschiedenen Völkern vor. Eigentliches Getreidemaſs bei den Griechen war dagegen der *Hecteus* (ἑκτεὺς, soviel als ἕκτος), der sechste Theil des Medimnus, von 378 Kubikzoll, der halbe *Hecteus* (ἡμιεκτέον oder ἡμίεκτον) von 189 Kubikzoll und der *Chönix* (χοῖνιξ) von 47,25 Kubikzoll Inhalt. Auſserdem wurden zwar der *Chus* und der *Xestes* auch für Korn gebraucht, und dann betrug letzterer die Hälfte des *Chönix* = 23⅝ Kubikzoll, ersterer 141,75 Kubikz., allein eigentlich waren diese für Flüssigkeiten bestimmt. Diese waren nämlich der *Kadus* (κάδος, wahrscheinlich ionisch von χάω oder χάζω, aufnehmen, auffassen) oder *Diota* (διώτη, von den zwei Ohren oder Handgriffen), welcher 90 Pfund Flüssigkeit faſste[1], ein halb so groſses Gefäſs *Amphoreus* oder *Chus* (ἀμφορεὺς, χόος oder χοῦς), so viel als der römische *Congius*, 45 Pfund, der *Xestes* (ξέστης), so viel als der *Sextarius*, 1 Pfund 3 Unzen, die *Cotyle* (κοτύλη, auch κότυλος) von 7,5 Unzen, das Quartier (τέταρτος) oder der vierte Theil des *Xestes* von 30 Drachmen (jede zu 63 franz. Grains), das *Oxybaphium* (ὀξυβάφιον) der vierte Theil der Cotyle oder 15 Drachmen, der Becher, *Kyathus* (κύαθος), von 10 Drachmen, welcher zwei *Konchen* (κόγχη) von 5 Drachmen und vier Löffel, *Mystren*

---

1 Alle diese Bestimmungen nach Romé de l'Isle.

Digitized by Google

(*μύστρον*, auch *μύστρος*), von 2,5 Drachmen enthielt, die *Cheme* (*χήμη*), deren es zwei, die groſse von drei, die kleine von 2 Drachmen gab. Endlich soll auch der gewöhnliche *Löffel* (*κοχλιάριον*) bei den Griechen als kleinstes Maſs gedient haben.

Sehr schwierig ist es, die Gewichte der alten Völker, namentlich auch der Griechen, nach ihrem genauen Werthe zu bestimmen, wovon die Ursache theils in dem Mangel einer scharfen Feststellung überhaupt, theils in dem Umstande zu suchen ist, daſs gerade die Gewichte der Metalle, welche die Münzen enthalten sollten, von denen verschieden waren, die sie in der Wirklichkeit hatten. Ein sehr allgemein verbreitetes Gewicht bei den alten Völkern war das *Talent* (*τάλαντον*, von *ταλάω*, *τλῆμι*, ich trage, die Waage oder auch das Gewogene). Es gab sehr ungleiche Talente und überhaupt kann eine, den neuern Zeiten eigenthümliche, scharfe Bestimmung dabei nicht angenommen werden, wie schon daraus erhellt, daſs unter andern die Römer in dem Vertrage mit Antiochus festsetzten, unter welches Gewicht die bedungenen attischen Talente nicht herabgehn sollten [1]. Inzwischen giebt Romé de l'Isle nach den Bestimmungen der alten Schriftsteller folgende übliche Talente mit den ihnen rechtmäſsig gleichkommenden Gewichten nach französischen Pfunden an: das gangbarste, sogenannte attische oder auch Korinthische, groſse Talent = 54 Pf. 11 Unzen, das kleine attische oder das gemeine = 41 Pfd. 2 gros, das äginetische = 91 Pfd. 2 Unz. 2 gros 48 grains, das alexandrinische = 82 Pfd. 4 gros, das Talent von Rhegium = 68 Pfd. 5 Unz. 6 gros, das italienische oder *Centumpondium* der Römer [2] = 65 Pfd. 10 Unz., das babylonische = 47 Pfd. 13 Unzen 5 gros, das ägyptische oder rhodische = 27 Pfd. 5 Unz. 4 gros und das syrische oder ptolemäische = 13 Pf. 10 Unz. 6 gros.

Jedes Talent hielt 60 *Minen* (*μνᾶ*, zusammengezogen aus *μνά*), und es muſste daher von dem letztern Gewichte, einem leichten Pfunde, so viele Arten geben, als von dem erstern. Diese waren: die groſse attische Mine = 14 Unz. 4 gros 48

---

1 Liv. Hist. XXXVIII. cap. 38.

2 Es ist dieses kein eigentliches Talent, aber einige Schriftsteller nennen ein Gewicht von 100 röm. Pfunden so, weil 100 griech. Minen ein Talent machten.

Digitized by Google

grains, die kleine attische = 10 Unz. 7 gros 36 grains, die von Aegina = 1 Pfd. 8 Unz. 2 gros 25 grains, die alexandrinische = 1 Pfd. 5 Unz. 7 gros, die von Rhegium = 1 Pfd. 2 Unz. 3 gros 60 grains, die italienische = 1 Pfd. 1 Unz. 4 gros, die babylonische = 12 Unz. 6 gros 6 grains, die ägyptische oder rhodische = 7 Unz. 2 gros 24 grains, endlich die syrische oder ptolemäische = 3 Unz. 5 gros 12 grains. Die Mine enthielt 100 *Drachmen* (δραχμὴ), deren es hiernach also ebenso viele verschiedene gab, wovon ich nur die groſse und kleine attische, jene = 1 gros 12 grains, diese = 63 grains, anführen will. Es wurden indeſs auch mehrere Drachmen vereint als eigenthümliche Gewichte, hauptsächlich beim Gelde, betrachtet, wie namentlich die groſse und kleine attische *Didrachme* und *Tetradrachme* zu 2 und 4 Drachmen (δίδραχμον und τετράδραχμον). Ob das *Gramm* (γράμμα oder richtiger γραμμάριον, welches in der Bedeutung eines kleinen Gewichtes vorkommt, soviel als scrupulum, eigentlicher scriptulum, scripulum) ein eigentliches griechisches Gewicht gewesen sey, vermag ich nicht zu beurtheilen; sein Werth wird dem 24sten Theile einer römischen Unze oder 21 grains gleichgesetzt[1]. Der *Obolus* (ὀβολὸς) war der 6te Theil einer Drachme und kommt zunächst nur als das Gewicht einer Münze vor, so wie der *Diobolus, Triobolus* und *Tetrobolus*. Auf den Obolus gingen 6 kleine Kupfer- oder Bronze-Münzen (χαλκοῦς), die kleinsten, die ich angegeben finde, aber insofern die Drachme auch als Gewicht galt, war der *Obolus* der 6te und der *Chalcus* des 36ste (nach andern 48ste) Theil derselben. Als kleinere griechische Gewichte nennt Romé de l'Isle endlich die *Lupine* und die Hälfte derselben, die *Siliqua*, den 6ten Theil eines Grammes oder eines Scrupels, das kleinste Gewichttheilchen bei den Griechen[2], im Werthe = 3,5 grains.

---

1 Rhemn. Fann. de pond. et mens. 9. u. 25. Später war in Griechenland auch die λίτρα, so viel als libra, ein Pfund, gebräuchlich.

2 Blancardus in Lexicon medicum graeco-lat. nennt die Lupine als Apothekergewicht und die Siliqua wird von Rhemn. Fann. de pond. et mens. 10. angegeben.

Digitized by Google

e) Römische Maſse.

Die Römer hatten eigene, im Ganzen ziemlich genau bestimmte Maſse, lernten aber später auch die fremden kennen, die sich daher bei ihren Schriftstellern gleichfalls genannt finden. Ihre Längenmaſse hat Jomard zusammengestellt, verglichen und auf neufranzösisches Maſs zurückgeführt. Die Tagereise, *iter pedestre,* soviel als der persische Stathmus, betrug nach Polybius, Livius u. a. 18,75 röm. Meilen oder 27708,2 Meter. Ungleich genauer bestimmt war die *Meile*, wonach die Entfernungen gemessen und die insbesondere von Rom aus durch Steine an den Landstraſsen bezeichnet wurden. Man leitet das Wort Meile von dem lateinischen *mille* ab, weil 1000 röm. Schritte eine solche ausmachten, allein Jomard[1] zeigt, daſs dasselbe schon im höchsten Alterthume bekannt war, wie bereits oben erwähnt worden ist. Die römische Meile betrug 1477,78 Meter oder 758,2 Toisen[2] und enthielt die nächsten Unterabtheilungen der römischen Maſse, nämlich 1000 Schritte, jeden zu 5 Fuſs. Inzwischen lagen zwischen diesen noch andere Maſse, worunter man nicht sowohl das ausländische und nur als solches den Römern bekannte Stadium rechnen kann, als vielmehr die *Ruthe, pertica* oder *virga decempedalis*, zunächst als Feldmesserruthe, *pertica arpennalis*, *agripennalis*, *agripedalis* von 10 Fuſs Länge (obgleich es auch 12 – oder 16 – oder selbst 27fuſsige gegeben haben soll) oder 2,956 Meter. Die Hälfte dieser Gröſse war der geometrische Schritt, *passus geometricus*, ein doppelter gemeiner Schritt = 1,478 Meter. Ein nicht genau bestimmtes und vermuthlich nicht als Meſswerkzeug festgesetztes Maſs war die Elle, *ulna*, eigentlich der Ellenbogen, worauf man sich stützt, dann der Armknochen, auch der ganze Arm. Schon hiernach war also das hierdurch ausgedrückte Maſs unbestimmt und kam nur ungefähr einer Elle nahe; aber es war auch gröſser, indem es sonst wohl die ganze Länge beider ausgespannten Arme bezeichnete, also eine Klafter. Mehr bestimmt war der *Cubitus*, die eigentliche Elle der Römer, vom Ellenbogen bis an die

1 Recueil d'Obs. p. 242.

2 Nach der genauen Valvirung des röm. Fuſses betragen 5000 derselben oder die Meile 1479,5 Meter, welches von der gegebenen Bestimmung nur unbedeutend abweicht.

Digitized by Google

Spitze des Zeigefingers, gerechnet zu 1,5 Fuſs und 0,4434 Metern gleichkommend. Eine Verbindung des Fuſses und der Handbreite gab den *Palmipes* von 1,25 Fuſs oder 0,3695 Metern.

Auf die Beibehaltung der genauen Länge des Fuſses scheinen die Römer viele Sorgfalt verwandt zu haben, wie dieses bei der Gröſse und dem Ebenmaſse der von ihnen aufgeführten Gebäude ganz nothwendig war, aber mit noch gröſserer Sorgfalt haben die Alterthumsforscher sich bestrebt, die eigentlichen Länge desselben aufzufinden, wozu auſser der Messung noch vorhandener Meilen und genau beschriebener Denkmäler der Baukunst insbesondere die eingehauenen oder als Etalons noch vorhandenen Exemplare dienen. Der letztern giebt es vier auf dem Capitole, welche zusammen gemessen und durch 4 getheilt im Mittel 0,2959 Meter geben. Jomard[1] hat die sämmtlichen frühern 24 Messungen zusammengestellt und mit Ausschluſs von zwei nicht gehörig begründeten aus den übrigen 22 das Mittel genommen, wonach der röm. Fuſs 0,2959 Meter oder 131,14 par. Lin. beträgt, genau die Gröſse des auf dem Grabe des Statilius eingehauenen[2]. Diese Bestimmung trifft sehr genau mit derjenigen überein, welche Cagnazzi[3] mitgetheilt hat. Es betrugen nämlich 6 in Ercolano gefundene Etalons 0,29435; 0,29432; 0,29145; 0,29439; 0,29630; 0,29620, im Mittel also 0,29450 Meter. Von drei Etalons im Museum des Louvre miſst der am besten erhaltene 0,29630 Meter[4]. Der Fuſs enthielt vier *Palmen* (*palma*, die flache Hand), also jede = 0,07397 Meter, und 12 *Zoll* (*uncia*, überhaupt der 12te Theil einer gegebenen Gröſse, nicht *pollex*, welches nur bei spätern Schriftstellern als der zehnte Theil eines Fuſses vorkommt), welche dann, wie die *uncia* bei den Gewichten, wieder in verschiedene kleinere Theile durch Halbiren u. s. w. getheilt wurden[5]. Nicht ächt römisch,

1 Recueil d'Obs. p. 139.

2 Romé de l'Isle nimmt 130,6 Lin. an, welches nur einen Unterschied von — 0,54 Lin. giebt.

3 Bibliot. Ital. 1827. Luglio. Ein gröſseres Werk von Cagnazzi, nämlich: Ueber den Werth der Maſse und Gewichte der alten Römer u. s. w., übers. von A. v. Schönberg. Kop. 1828., ist mir nicht näher bekannt.

4 L'Institut 1835. No. 119. p. 266.

5 Vergl. unten bei den Gewichten die *Uncia*.

Digitized by Google

sondern neuer ist die Breite eines Fingers, *digitus*, deren 4 auf eine Palme, also 16 auf einen Fuſs gerechnet werden, nach neuerem Maſse = 0,018472 Meter. Folgende Tabelle giebt also eine Uebersicht der gesammten römischen Längenmaſse und ihres Werthes in Metern.

	Milliar.	Pertica	Passus	Cubitus	Palmip.	Pes	Palma	Uncia	Digitus	Meter
Iter	18,75	9375	18750	62500	75000	93750	375000	1125000	1500000	27708,2
	Milliar.	500	1000	3333,3	4000	5000	20000	60000	80000	1477,78
		Pertica	2	6,66	8	10	40	120	160	2,956
			Passus	3.33	4	5	20	60	80	1,478
				Cubit.	1,2	1,5	6	18	24	0,4434
					Palmip.	1,25	5	15	20	0,3695
						Pes	4	12	16	0,2959
							Palma	3	4	0,0739
								Uncia	1,33	0,02463
									Digitus	0,018472

Zu Flächenmaſsen gebrauchten die Römer alle die angegebenen Längenmaſse, mit Ausnahme der Tagereise und der

Meile, auf gleiche Weise, als dieses bei den Neuern geschieht. Als Feldmaſs diente ihnen jedoch hauptsächlich das Juchert, *jugerum*, oder so viel, als ein Gespann Ochsen in einem Tage umpflügt. Nach Jomard betrug dasselbe eine rectanguläre Fläche von 240 F. Länge auf 120 F. Breite oder 28800 röm. Quadratfuſs oder 2521,6 Quad. Meter. Als vorzüglichstes Fruchtmaſs diente ihnen der *Modius*, ein Scheffel, dessen Inhalt Romé de l'Isle zu 432 par. Kubikzollen und an Gewicht = 13 Pfund 8 Unzen angiebt. Es wurde nach ganzen und halben Modien gerechnet; das nächst kleinere Maſs war jedoch der *Sextarius*, die *Metze*, deren 16 auf einen Modius gingen, so daſs sein Inhalt 27 Kubikzolle und sein Gewicht 13 Unzen 6 gros betrug. Dieses diente zugleich als ein Maſs für Flüssigkeiten und hatte dann mehrere Unterabtheilungen, die jedoch schwerlich für trockene Sachen gebräuchlich waren. Für Flüssigkeiten hatten die Römer ein Maſs, welches dem Fuder der jetzigen Zeit gleichzusetzen ist, indem man rechnete, daſs zwei Ochsen dasselbe auf einem Wagen zu ziehn vermöchten, nämlich den *Culeus*, eigentlich ein Sack, sonach also ein bloſses Nominalmaſs, 20 Amphoren haltend, also dem Volumen nach 25920 par. Kubikzoll oder 15 Kubikfuſs und also 1050 französ. Pfunden gleich. Das eigentliche Flüssigkeitsmaſs war die *Amphora* (was man Eimer nennen könnte) oder *Quadrantal*, weil seine Gröſse gerade einen röm. Kubikfuſs betrug und also 1296 Kubikzoll oder 52 Pfd. 8 Unzen gleichkommt. Die *Amphora* wurde unmittelbar in 48 Sextarien getheilt, allein die Römer unterschieden zwischen beiden noch die *Urna*, die Hälfte einer Amphora, und den *Congius* oder den achten Theil der letztern, erstern = 648 Kubikzoll und 26 Pfd. 4 Unzen, letztern = 162 Kubikzoll und 6 Pfd. 9 Unzen. Der sehr gebräuchliche *Sextarius* betrug also dem Volumen nach 27 Kubikzoll und dem Gewichte nach 1 Pfd. 1 Unze und 4 gros und wurde in vier Quartiere getheilt, doch war auch die Hälfte desselben, mindestens in spätern Zeiten, unter dem ursprünglich griechischen Namen *Hemina* gebräuchlich. Kleinere Maſse waren das *Acetabulum*, eigentlich ein Essiggefäſs, der Becher, *Cyathus*, und der Löffel, *Ligula*. Werden sie sämmtlich zusammengestellt, so giebt dieses folgende Werthe nebst ihrem Betrage in französ. Pfunden, Unzen, gros und grains.

Digitized by Google

	Amphora	Urna	Congius	Sextar.	Hemina	Quartarius	Acetabulum	Cyathus	Ligula	℔.	U.	gr.	grains
Culeus	20	40	160	960	1920	3840	7680	11520	46080	1050	—	—	—
Amphora		2	8	48	96	192	384	576	2304	52	8	—	—
Urna			4	24	48	96	192	288	1152	26	4	—	—
Congius				6	12	24	48	72	288	6	9	—	—
Sextar.					2	4	8	12	48	1	1	4	—
Hemina						2	4	6	24	—	8	6	—
Quartarius							2	3	12	—	4	3	—
Acetabulum								1,5	6	—	2	1	36
Cyathus									4	—	1	3	48
Ligula										—	—	2	66

Die Gewichte der Römer waren einfach und sie lassen sich in ihrem gegenseitigen Verhältnisse leicht übersehn. Ihr erstes ursprüngliches Gewicht dürfte das *As* gewesen seyn, eigentlich ein *Pfund* (oder eine pfündige Kupfermünze), welches dann in 12 Unzen getheilt wurde. Das As bezeichnete sonach überhaupt die Einheit oder das Ganze, wurde mehr für die Bezeichnung des allmälig leichter werdenden Geldes beibehalten und das eigentliche Pfundgewicht wurde durch *libra* (vom griechischen, ursprünglich sicilischen λίτρα abgeleitet) ausgedrückt, dieses dann aber gleichfalls in 12 Unzen abgetheilt. Wenn man nicht berücksichtigt, daſs auch die fremden Gewichte, namentlich die griechischen, den Römern zur Bezeichnung gröſserer Lasten bekannt waren, so gebrauchten sie hierzu das sogenannte italienische Talent, *centumpondium*, von 100 Pfunden. Bei weitem das gebräuchlichste Gewicht bei den Römern war die *Unze*, womit sie nicht bloſs 12 Gröſsen von einer Unze bis zu zwölf Unzen oder einem Pfunde bezeichneten, sondern die sie auch noch in Halbe und Viertel abtheilten und diese Abtheilung sogar auch auf die Längenmaſse ausdehnten[1]. So war namentlich der *Sextans* bei ihnen als Längenmaſs eine Gröſse von 2 Zollen (*duae unciae*) und der *Sicilicus* der vierte Theil eines Zolles. Die kleinern Gewichte der Römer waren das *Scrupel* (*Scrupulum*, auch *scrupulus*, richtiger *scripulum*, *scriplum*, von *scriptulum*, ein Strichelchen, eine Kleinigkeit) oder *Gramm* (*gramma*, ursprüglich griechisch, γράμμα), soviel als 2 Obolen, der 24ste Theil einer röm. Unze. Das Scrupel wurde ohne eine mir bekannte besondere Bezeichnung wieder halbirt, aber auch in drei und sechs Theile getheilt, wovon ersteres durch *Lupinus*, letzteres durch *Siliqua* bezeichnet wurde[2]. Werden die römischen Gewichte sämmtlich auf französische Pfunde

1 Ideler in seiner gelehrten Abhandlung über die Maſse und Gewichte der Alten in den Berliner Denkschriften von 1812. S. 121. zeigt, daſs die Abtheilung des römischen Pfundes die nämliche ist, welche noch jetzt beim Apothekergewichte statt findet, und sich also bis auf unsere Zeiten erhalten hat.

2 *Lupinus* findet sich wenigstens bei den ältern röm. Schriftstellern in dieser Bedeutung nicht, *siliqua* aber wird als der sechste Theil eines Scrupels vom Rhemn. Fann. de pond. et mens. 10. angegeben.

und deren Unterabtheilungen zurückgeführt, so giebt dieses folgende Gröſsen:

Centumpondium	65 Pfd.	10 Unzen		
Libra oder As		10 —	4 gros.	
Deunx oder 11 Unciae		9 —	5 —	
Decuncis oder 10 Unciae		8 —	6 —	
Dodrans oder 9 Unciae		7 —	7 —	
Bes (bis triens) oder 8 Unciae		7 —	0 —	
Septunx oder 7 Unciae		6 —	1 —	
Semis, semissis (semi as) oder 6 Unciae		5 —	2 —	
Quincunx oder 5 Unciae		4 —	3 —	
Triens ($\frac{1}{3}$ As) oder 4 Unciae		3 —	4 —	
Quadrans ($\frac{1}{4}$ As) oder 3 Unciae		2 —	5 —	
Sextans ($\frac{1}{6}$ As) oder 2 Unciae		1 —	6 —	
Uncia			7 —	
Semuncia oder 0,5 Uncia			3 —	36 grains
Denarius oder 0,25 Uncia			1 —	54 —
Scrupulum (Scriptulum) $\frac{1}{24}$ Uncia				21 —
Lupinus oder $\frac{1}{3}$ Scrupulum				7 —
Siliqua oder $\frac{1}{6}$ Scrupulum				3,5 —

Die hier gegebene Uebersicht der Maſse und Gewichte bei den alten Völkern ist für den vorliegenden Zweck, nämlich um etwa vorkommende Angaben von Bedeutung verstehn und auf neuere Bestimmungen zurückführen zu können, nach meiner Ansicht vollständig genug. Inzwischen geben die zahlreichen, unser sich sehr verschiedenen und mit der Zeit vielfach wechselnden Münzen, deren Gewicht so festgesetzt war, daſs es eine bleibende Dauer haben sollte, noch eine groſse Menge mannigfaltiger Gewichtsbestimmungen, die ich aber hier als ungeeignet weglasse[1].

---

1 Unter den neuern Werken verdient vorzügliche Beachtung J. F. Wurm de ponderum, nummorum, mensurarum cet. rationibus apud Romanos et Graecos. Stuttg. 1821. 8. Nach Ideler in seiner erwähnten Abhandlung gehört zu den römischen Gewichten auch *Sescuncia*, *Sescunx* (vermuthlich semissis que uncia) $= \frac{1,5}{12} = \frac{1}{8}$ und *drachma*, der achte Theil einer Unze.

B. Maſsbestimmungen der neuern Zeiten.

Bei dem Uebergange der Wiſsenschaften und Künste von den Griechen zu den Römern und von dort zu den übrigen occidentalischen Völkern wurde zugleich die Kenntniſs ihrer verschiedenen Maſse verbreitet. Inzwischen sind Maſse für ein jedes Volk nothwendig und man findet sie daher auch überall, namentlich aber ist die Länge des Fuſses bei den europäischen Völkern fast ganz allgemein eingeführt. Ohne Zweifel ist diese Länge eine bei den verschiedenen Nationen ursprünglich erfundene, weil sonst kaum erklärlich seyn würde, wie so viele Ungleichheiten desselben statt finden könnten, wenn der römische oder griechische Fuſs bei allen als Norm eingeführt worden wäre, und man würde dann auch sicher bei der Entdeckung eingeschlichener Veränderungen auf diese wieder zurückgekommen seyn, da schon früh das Bedürfniſs einer unwandelbaren Bestimmung gefühlt, dessen Befriedigung aber auf sehr ungleiche Weise gesucht wurde. Die hieraus hervorgehende Aufgabe wurde auf eine zweifache Weise gestellt, indem man entweder für die schon bestehenden Maſse eine der Willkür nicht ausgesetzte unwandelbare Norm suchte, oder neue, auf eine in der Natur gegebene unveränderliche Gröſse gegründete, einzuführen beabsichtigte. Rücksichtlich des Erstern ist schon von frühern Zeiten her manches geschehn, jedoch war die in der neuesten Periode eingeführte höchste Genauigkeit damals noch nicht bekannt, und sofern daher die Sache nur noch einiges geschichtliches Interesse haben kann, verspare ich die Mittheilung der wichtigsten in dieser Beziehung gemachten Versuche bis zur Untersuchung derjenigen Maſse, auf welche sich die gethanen Vorschläge zunächst bezogen. Ungleich wichtiger sind die in der Natur selbst gegebenen unveränderlichen Gröſsen, welche einem metrischen Systeme zur Grundlage dienen könnten, um so mehr, als diese Frage bis jetzt noch nicht mit allgemeiner Einstimmung völlig entschieden ist.

Unter die gänzlich ungenügenden, in der Ausübung jedoch wahrscheinlich praktisch angewandten Methoden einer Normalbestimmung gehört das von den deutschen Geometern mehrmals angegebene einer mittlern Bestimmung der Fuſses-

Digitized by Google

länge[1]. JACOB KÖBEL[2] sagt darüber: „Man soll 16 Mann, „klein und groſs, wie die ungefehrlich nach einander aus der „Kirchen gehen, einen jeden vor den andern einen Schuh „stellen lassen; dieselbige Lenge werde und solle seyn ein ge- „recht gemein Meſsrute, damit man das Feld messen soll.“ SPINNER oder vielmehr WEIDLER[3] wollte gefunden haben, daſs die Entfernung beider Pupillen bei erwachsenen Menschen eine constante Gröſse sey, und schlug diese daher als Grundmaſs vor, deren Gröſse er zu 2 Zoll 3 Lin. par. annahm, allein dieser Vorschlag ist schon hinsichtlich der schwierigen Messung wo möglich noch weniger zweckmäſsig, als der vorige. Sinnreicher ist die Idee des ANDR. BÖHM[4], den Fallraum eines Körpers in einer Secunde als Normalgröſse anzunehmen, wenn nur nicht die directe Messung desselben fast unüberwindlichen Schwierigkeiten unterworfen wäre. Selbst die Zellen der Bienen sind als Fundamentalgröſse empfohlen worden[5], unter der Voraussetzung, daſs diese jederzeit und in allen Ländern einander völlig gleich sind, desgleichen mit mehrerem Grunde der scheinbare Durchmesser der Sonne, welchen Fr. S. WILD[6] vermittelst des Zirkels auf einer geschwärzten Glastafel in 5,5 Z. Abstand vom Auge = 1,3 par. Decimallinien fand und dessen Hundertfaches also 130 par. Decimallinien oder 187,2 par. Duodecimallinien betragen würde. Hierbei ist jedoch übersehn worden, daſs sich diese Gröſse durch die Veränderung des Abstandes vom Auge ändert, welcher also genau und zwar durch ein schon bestehendes Maſs gemessen werden muſs, dessen wirkliches Vorhandenseyn aber die Aufsuchung eines andern überflüssig macht. Unzulässige Vorschläge dieser Art lieſsen sich wohl noch mehrere auffinden, wenn es der Mühe lohnte, sie aufzusuchen.

Nur zwei Gröſsen sind mit dem vollsten Rechte ihrer

---

1 C. CH. SCHRAMM's Saxonia monumentis viarum illust. Witeb. 1726. p. 131.

2 Geometrey. Frankf. 1584. 4. p. 4.

3 De nova mensura corporum universali. Praes. J. F. WEIDLERI ... disputabit C. G. SPINNER. Witeb. 1727.

4 Acta phil. med. Societatis acad. scient. principalis Hassiacae. 1771.

5 Leipziger Wochenblatt für Kinder. 1773. St. 110. S. 69.

6 Essay sur une mesure universelle etc. Laus. 1801.

absoluten Unveränderlichkeit wegen als Grundlagen der Maſssysteme in Vorschlag gebracht worden, nämlich die Länge des einfachen Secundenpendels und ein aliquoter Theil des Erdquadranten, welche sich bloſs insofern den Vorrang streitig machen, als das eine oder das andere mit der vollkommensten Genauigkeit am leichtesten und sichersten gemessen werden könnte. Huyghens war der erste, welcher eine vollständige, auf die Fallgesetze gegründete Theorie des Pendels aufstellte, und weil hiernach die Länge des einfachen Secundenpendels auf der ganzen Erde unveränderlich seyn muſste, so schlug er dieses als Grundmaſs vor, so daſs der dritte Theil desselben den Fundamentalſuſs (oder Zeitſuſs, *pes horarius*) abgeben sollte[1]. Allein um diese nämliche Zeit, nämlich 1672, machte Richer in Cayenne die Beobachtung, daſs er das Secundenpendel verkürzen müsse, wenn es die Zeitintervalle richtig angeben sollte, und Huyghens folgerte hieraus sehr bald, daſs das Secundenpendel unter verschiedenen Breiten ungleich lang sey; allein hierin liegt kein nothwendiger Grund, dasselbe als Normalmaſs zu verwerfen, und der frühere Vorschlag ist daher seit jener Zeit so oft wiederholt worden, daſs es zu weitläuftig seyn würde, dieses alles einzeln aufzuzählen. Schon der alte Astronom Mouton trat der durch Huyghens geäuſserten Meinung bei[2], am meisten aber empfahlen Bouguer[3] und Condamine[4] die Länge des Secundenpendels an einem bestimmten Orte, z. B. in Paris oder unter dem Aequator, zum natürlichen Fundamentalmaſse, weswegen die letztere Gröſse in Peru nach der daselbst beendigten Gradmessung in Stein eingehauen wurde, mit der Unterschrift: *Mensurae naturalis exemplar, utinam et universalis.* Im Jahre 1774 setzte die Societät zur Aufmunterung der Künste, Manufacturen und Handlung in London (*Society of Arts*) einen Preis für die beste Methode zur Regulirung des Maſses, wovon Thomas

1 Hugenii Opera varia ed. s'Gravesande. L. B. 1724. T. I. p. 17 u. 36. Picard Mesure de la Terre. Par. 1671. art. 4. Zuerst äuſserte Huyghens diese Idee im Jahr 1664 gegen Murray in London, weswegen auch dort Versuche angestellt wurden. Birch History of the Royal Soc. T. I. p. 480.

2 Journ. de Phys. LXXXIX. p. 388.

3 Figure de la Terre. p. 300.

4 Voyage de la rivière des Amazones. p. 202.

Digitized by Google

Hatton einen Theil erhielt für die Erfindung eines Apparates zur genauen Meſsung des Secundenpendels. Whitehurst benutzte diesen Vorschlag weiter und wollte die allgemeine Normalbestimmung des Maſses auf die unveränderliche Länge des einfachen Secundenpendels gründen[1]. Letzteres nahm er für die Breite von London = 39,2 Zoll an, und dann muſste eins, welches 42 Schwingungen in einer Minute machte, 80 Zoll Länge haben, ein anderes aber von 84 Schwingungen 20 Zoll, beider Unterschied von 60 Zoll oder 5 Fuſs sollte dann Normalmaſs seyn. Seine Versuche gaben jedoch diese Gröſse nur = 59,892 Zoll, weil er das Secundenpendel zu groſs angenommen hatte. Shuckburg Evelyn prüfte 1798 mit diesen nämlichen Pendeln die englischen Maſse[2], und auch bei spätern Prüfungen der Urmaſse bei den Engländern, wie namentlich durch Kater, ist allezeit die Länge des einfachen Secundenpendels berücksichtigt worden. Vorzüglich hat Hauff[3] das einfache Secundenpendel unter dem Aequator nach mittlerer Sonnenzeit als Basis eines natürlichen Maſssystems empfohlen. Die Gröſse desselben setzt er nach Bouguer = 439,21 Linien der Toise von Peru und nimmt hiervon den dritten Theil als normalen Fuſs an, welcher sonach 146,4 Linien bis auf Hundertstel genau betragen soll. Um dann durch eine aus der Natur hergenommene Gröſse eine Eintheilung des Fuſses zu finden und das Normalmaſs dadurch zugleich mit dem Sonnensysteme in Verbindung zu bringen, argumentirt er auf folgende Weise. Die Horizontalparallaxe der Sonne beträgt 8,7 Secunden, mithin der Durchmesser der Erde aus dem Centrum der Sonne gesehn 17,4 Secunden. Würde ein Körper von diesem Durchmesser in dem Abstande des deutlichen Sehens (*distantia visionis distinctae*), also in 1 Fuſs oder 144 Linien Entfernung vom Auge betrachtet, so betrüge seine Gröſse 0,0121392 Linien oder mit Weglassung der höhern Decimalstellen 0,012 Linien, also die kleinste, mit Sicherheit

1 An Attempt towards obtaining invariable measures of Length, Capacity and Weight from the mensuration of time. London 1787. Deutsch von Wiedemann. Nürnb. 1790. 4.

2 Phil. Trans. LXXXVIII. 133.

3 Darstellung eines natürlichen Maſssystems, welches zur allgemeinen Aufnahme vor allen andern empfohlen zu werden verdient. Von J. K. F. Hauff. Augsb. u. Leipz. (1809). 4.

Digitized by Google

zu messende Gröſse, welche tausendmal genommen 12 Linien als Einheit der nächst kleinern Abtheilung, nämlich des Zolls, giebt[1]. Noch neuerdings endlich hat Sabine die Länge des Secundenpendels an einem bestimmten Orte der nordamericanischen Staaten diesen als Basis ihres noch nicht definitiv regulirten Maſssystems vorgeschlagen[2] und auch Hansteen[3] die norwegischen Maſse auf die Einheit der Länge des Secundenpendels unter 45° N. B. zurückgeführt.

Daſs nach Paucton schon die Aegyptier ihr Maſssystem auf die Gröſse der Erde gegründet haben sollten, ist oben bereits als unwahrscheinlich angegeben worden, und auch später ist ein Vorschlag dieser Art nicht bekannt geworden, so daſs also Gabriel Mouton, Astronom zu Lyon, als der erste genannt werden kann, welcher diese Idee äuſserte[4]. Nach ihm sollte die Länge des Meridianbogens von einer Minute unter dem Namen *milliare* oder Meile die Normaleinheit seyn, deren Gröſse er aus der sehr unvollkommenen Messung Riccioli's hernahm und die dann nach der Dekadik in *Centuria, Decuria, Virga, Virgula, Decima, Centesima, Millesima* getheilt werden sollte. Auch später finde ich diese wahrhaft riesenhafte Idee nicht weiter geäuſsert, vielmehr scheint sie erst damals gereift zu seyn und den Vorschlag, das einfache Secundenpendel als Normalmaſs anzunehmen, verdrängt zu haben, als das lange geäuſserte Bedürfniſs einer Maſsrevision in Frankreich mit dem Verlangen einer allgemeinen Landesvermessung zum Behuf gleichmäſsiger Besteuerung zusammenfiel. Ohne Zweifel hat La Place den gröſsten Antheil an dieser Idee und ihrer Ausführung, welche um so merkwürdiger ist, als sie mitten in die Gräuel der Revolution fällt, zugleich aber wegen ihrer Groſsartigkeit nicht bloſs dem Namen des Volkes, welches sie glücklich beendigte, unvergänglichen Ruhm sicherte, sondern auch alle übrige Völker von jenem in dieser Beziehung abhängig machte, insofern bisher alle spä-

1 Abgesehn von der Willkür in der Annahme der Weite des deutlichen Sehens setzt deren Bestimmung zu 144 Linien schon diese Abtheilung voraus, die mithin nicht erst gefunden zu werden braucht.

2 An Account of Experiments cet. p. 114.

3 Magaz. for Naturvitenskaberne. 1823. p. 162.

4 Observationes Diametrorum. Lyon 1670. p. 427.

Digitized by Google

ter regulirte Maſse mit dem pariser verglichen wurden und ebendieses auch künftig noch statt finden wird. Man darf mit Recht die Toise von Peru und das hiernach bestimmte Meter als allgemeine primäre Fundamentalmaſse betrachten, wonach alle übrige regulirt werden [1].

Wenn man fragt, welche von beiden Fundamentaleinheiten den Vorzug habe, so ist es schwer, hierüber zu entscheiden, und man ersieht leicht, daſs die Engländer im Allgemeinen der erstern, die Franzosen der letztern den Vorzug einräumen, alle aber sind darüber einverstanden, daſs hierbei hauptsächlich zu berücksichtigen ist, welche nach dem gänzlichen Verluste aller genauen Etalons, was nur mit einem völligen Untergange der bestehenden Cultur und der Wiederkehr völliger und allgemeiner Barbarei verbunden seyn könnte, am leichtesten, insbesondere aber am sichersten wieder herzustellen wäre. Gegen das Secundenpendel läſst sich einwenden, daſs es eine kleine Gröſse ist und ein geringer Fehler bei seiner Bestimmung durch Vervielfachung bedeutend vergröſsert wird, statt daſs ein Quadrant der Erde immerhin um eine merkliche Gröſse unrichtig gefunden seyn kann, ohne daſs dieses auf den zehnmillionsten Theil einen bedeutenden Einfluſs hat. Dagegen ist die Messung des Secundenpendels eine verhältniſsmäſsig kleine und leichte Operation in Vergleichung mit der langwierigen und kostspieligen Aufgabe der Messung

---

1 La Place in Système du Monde. Par. 1824. I. p. 135. sagt hierüber: „On ne peut voir le nombre prodigieux de mesures en „usage, non seulement chez les différens peuples, mais dans la même „nation; leurs divisions bizarres et incommodes pour les calculs; la „difficulté de les connaître et de les comparer; enfin l'embarras et les „fraudes qui en resultent dans le commerce, sans regarder comme „l'un des plus grands services que les gouvernemens puissent rendre „à la société l'adoption d'un système de mesures dont les divisions „uniformes se prêtent le plus facilement au calcul, et qui dérivent de „la manière la moins arbitraire d'une mesure fondamentale indiquée „par la nature elle-même. Un peuple, qui se donnerait un semblable „système, réunirait à l'avantage d'en recueillir les premiers fruits „celui de voir son exemple suivi par les autres peuples dont il de„viendrait ainsi le bienfaiteur; car l'empire lent mais irrésistible de „la raison l'emporte, à la longue, sur les jalousies nationales, et „surmonte tous les obstacles qui s'opposent au bien généralement „senti.“

Digitized by Google

mehrerer und weit von einander entfernter Grade des elliptischen Erdsphäroids, da das Ausmessen des ganzen Quadranten unter die unmöglichen Probleme gehört. Gegen beide Methoden findet ein aus gemeinschaftlicher Quelle entsprungener Einwurf statt. Die Länge der Pendel ist unter verschiedenen Breiten ungleich, und wiewohl es möglich ist, die hieraus entspringende Ungleichheit zu corrigiren und die Länge des unter einer gegebenen Breite $= \varphi'$ zu bestimmenden Pendels aus der unter einer andern $= \varphi$ gemessenen zu finden, so ist man doch bei keiner einzelnen Messung gegen den Einfluſs örtlicher, von der geognostischen Beschaffenheit abhängiger Einflüsse gesichert. Dagegen scheint auch die Krümmung des elliptischen Erdsphäroids nicht überall gleich zu seyn, und man könnte daher durch eine neue Messung in andern Gegenden, als wo die bisherigen ausgeführt wurden, eine abweichende Bestimmung des hierauf gegründeten Normalmaſses erhalten[1].

Nimmt man alles, was sich hierüber sagen läſst, zusammen, so scheint mir folgendes Resultat hervorzugehn. Sollte jemals durch die oben angegebenen Bedingungen das Bedürfniſs, die jetzt bestehenden Maſse wieder herzustellen, herbeigeführt werden, so gebührt der Gradmessung zur Auffindung einer in der Natur selbst gegebenen Normaleinheit mindestens einiger Vorzug, wenn gleich beide Methoden so lange zulässig bleiben, als nicht mit der Zerstörung der Erde selbst ihre Form, Anziehungskraft und Rotation verändert wird. Es ist aber gewiſs, daſs das Verlangen, die Gröſse der Erde und den Inhalt gewisser groſser Länder zu kennen, dem Bedürfnisse einer Maſsregulirung vorausgeht oder gleichmäſsig damit fortschreitet, und so werden also ausgedehnte geodätische Messungen ohnehin veranstaltet werden. Ist dann die Wissenschaft und Kunstfertigkeit so weit fortgeschritten, daſs die Pendellängen genau gemessen werden können, was nicht geringen Schwierigkeiten unterliegt, so geben gewiſs auch die Gradmessungen ein genügendes Resultat, um daraus einen Quadranten der Erde als natürliche Basis des Maſssystems auf-

---

1 Vergl. Hutton Dict. T. I. p. 33. T. II. p. 600. Sabine An Account of Experiments cet. p. 364. Delambre in Base du Syst. metr. T. III. p. 301 ff. Edinb. Review. T. IX. p. 373. Hauff a. a. O. und andere.

Digitized by Google

zufinden, bei deren Gröſse die daraus zu entnehmende Einheit von der Wahrheit nicht merklich abweichen kann.

a) Französische Maſse.

In einem seit langer Zeit Gewerbe und Handel eifrig betreibenden Staate, wie Frankreich ist, muſste schon frühzeitig das Bedürfniſs einer genauen Regulirung des Maſssystems gefühlt werden. Daher beschäftigte sich schon das Conseil König Philipp's des Langen 1321 mit dem Vorschlage zur Einführung gleicher Maſse und Gewichte, wurde aber durch die Fürsten und Prälaten an der Ausführung gehindert, und ebenso blieben die Anregungen unter Ludwig XI., Franz I., Heinrich II., Carl IX., Heinrich III. und Ludwig XIV. ohne Erfolg. Nach mehrern vergeblichen Wiederholungen derselben wurden 1788 die Wünsche nach einem im ganzen Lande gleichmäſsigen Maſssysteme in den Registern verschiedener Aemter eingezeichnet. Als sich im folgenden Jahre die Aemter (*Baillages*) versammelten, um ihre Deputirten zu wählen, trugen die Städte Paris, Lyon, Rheims, Dünkirchen, Rouen, Rennes, Orleans, St. Quentin, Metz, Chalons u. s. w. ausdrücklich auf die Abschaffung der verschiedenen Maſse an, die nur zu Miſsbräuchen und Betrügereien, besonders aber zu Bedrückungen, Anlaſs gäben [1]. In Folge hiervon brachte Talleyrand-Perigord 1790 die Sache vor die constituirende Versammlung, am 6. Mai legte de Bonnai seinen Bericht darüber vor, und zwei Tage darauf wurde der Beschluſs gefaſst, den König zu bitten, daſs er den König von England auffordern möge, dieses Geschäft durch Commissarien aus der französischen Akademie und der königlichen Societät in London gemeinschaftlich besorgen zu lassen. Diese sollten nämlich vereint in gleicher Anzahl von beiden unter dem 45sten Grade N. B. oder an irgend einem andern gelegenen Orte die Länge des einfachen Secundenpendels finden und diese einem unveränderlichen Maſssysteme zum Grunde legen. Dieser Beschluſs wurde am 22. August sanctionirt und der Akademie ein Gutachten abgefordert, welches die von dieser ernannten Commissarien de Borda, La Grange, La Place, Monge

1 Tableau comparatif des demandes des trois ordres. p. 186.

und Condorcet am 19. März 1791 überreichten[1]. Schon im Jahre 1790 schlug der Ingenieur-géographe Bonné vor, einen Theil des Aequators als Einheit unter dem Namen Aequatorialfuſs anzunehmen, welcher um etwas mehr als 1 Zoll gröſser als der königliche seyn sollte[2]. Die Commission meinte, das Secundenpendel unter dem 45. Breitengrade sey zwar allen andern Pendeln vorzuziehn, allein es sey eine durch eine zweite nothwendige Gröſse, die Zeit und eine zweite willkürliche, die Eintheilung in Secunden, bedingte Einheit, und da man doch im Groſsen die Entfernungen auf der Erdoberfläche mäſse, so sey es unnatürlich, solche von der kurzen Länge des Pendels herzunehmen. Es bleibe daher nur die Wahl zwischen einem Quadranten des Aequators und des Meridians. Unter beiden fiel das Gutachten entschieden zum Vortheil des letztern aus, weil die Regelmäſsigkeit der Erde unter dem Aequator nicht mit gröſserer Gewiſsheit anzunehmen sey, als unter den Meridianen, auſserdem die Messungen der Längengrade gröſsere Fehler zulieſsen und unter dem Aequator nicht so gut zu bewerkstelligen seyen, als der Breitengrade, und weil endlich jeder Bewohner der Erde sich unter einem Meridiane befinde, nur wenige aber unter dem Aequator. Man solle daher einen hinlänglich langen Bogen von Dünkirchen bis Barcelona messen, hieraus die Länge des Quadranten bestimmen und den zehnmillionsten Theil hiervon als Einheit annehmen. Es müsse dann aber sowohl beim Kreise, als auch bei dem Normalmaſse und den davon abgeleiteten, die arithmetische Abtheilung eingeführt, jede willkürliche dagegen verworfen werden[3]. Auf die so erhaltene Normallänge lasse sich dann leicht eine Basis der Capacitäten und Gewichte gründen, wenn man dazu ein gewisses Volumen destillirtes Wasser bei einer bestimmten Temperatur, entweder des Aufthaupunctes oder der gröſsten Dichtigkeit, im luftleeren Raume gewogen,

---

1 Mém. de l'Acad. 1788. p. 7.

2 Principes sur les mesures en longueur et en capacité cet. Par. 1790.

3 Schon etwa acht Jahre früher verwandte sich La Grange bei dem *Board of Longitude* dafür, daſs beim Kreise und überall die Abtheilung nach 10 eingeführt werden möge. Von dort sollten auch die Fonds entnommen werden, um alle Tafeln umzudrucken. V. Zach allg. geogr. Ephem. 1799. Jan. S. 50.

Digitized by Google

nehmen wolle. Durch die angegebene Gradmessung habe man den Vortheil, daſs beide Endpuncte unveränderlich und im Spiegel des Meeres gelegen wären. Man solle dann zugleich unter 45° N. B. die Schwingungen zählen, welche ein Pendel von der Länge des zehnmillionsten Theils des Quadranten im Spiegel des Meeres bei 0° C. und im luftleeren Raume mache, um diese Länge durch Beobachtungen sofort wieder aufzufinden; auch sey es nicht nöthig, diese schon zu kennen, da sie aus den Schwingungen eines Pendels von beliebiger Länge durch Rechnung sich bestimmen lasse. Endlich müsse dann das Verhältniſs der alten Maſse zu den neuen genau bestimmt werden. Uebrigens sey der 45ste Grad nicht in Beziehung auf Frankreich gewählt, sondern bloſs deswegen, weil in diesem die mittlere Länge des Pendels mit der mittlern der Gradbogen zusammenfalle.

Dieses Gutachten wurde am 26. März 1791 der Nationalversammlung vorgelegt, vier Tage nachher der Vorschlag sanctionirt und der König ersucht, die schon vorher von der Akademie erwählten Commissionen zu autorisiren, die Operationen sogleich anzufangen. Dieses geschah, und weil man Borda's Repetitionskreis bei seiner Kleinheit so genau gefunden hatte, so verfertigte Lenoir vier andere etwas gröſsere danach, ferner die groſsen Maſsstäbe von Platin zum Messen der Basis, einen andern zum Messen der Pendellänge, eine Kugel von Gold und eine zweite von Platin für die Pendel, und am 15. Juni 1792 fingen Cassini und de Borda die Messungen der Pendelschwingungen in Paris an. Méchain und Delambre, welche die beiden groſsen Abtheilungen der geodätischen Operationen besorgten, hatten mit unglaublichen, aus der Revolution entspringenden Schwierigkeiten zu kämpfen und wurden, namentlich Delambre, 1792 mitten in ihren unvollendeten Arbeiten durch Auflösung der Akademie unterbrochen[1]. Durch zwei Gesetze vom 18. Brumaire und 28. Germinal wurden Berthollet, Borda, Brisson, Coulomb, Delambre, Hauy, Lagrange, Laplace, Méchain, Monge, Prony und Vandermonde ernannt, die angefangenen Arbeiten bis zur Vollendung fortzusetzen. Hierzu wurden jedoch mehrere Jahre

1 Mém. de l'Acad. 1789. p. 6. Instruction sur les mesures déduites de la longueur de la terre. Par. an. 2.

Digitized by Google

erfordert und während dieser Zeit den oberſten Staatsbehörden wiederholt Berichte abgeſtattet. Inzwiſchen nahm man ſchon vorläufig durch ein Decret vom 1. Auguſt 1793 und 18. Germinal an 3 eine Normallänge des Meters zu 443,443 Linien der Toiſe von Peru an, in der Vorausſetzung, daſs die aufgefundene wahre Länge hiervon nicht merklich abweichen würde [1].

Um aus den Meſsungen das Meter mit abſoluter Gewiſsheit zu finden, müſste eigentlich der ganze Quadrant gemeſſen ſeyn, und da dieſes unmöglich iſt, vielmehr die Länge des Quadranten aus den einzelnen Graden durch Rechnung gefunden werden muſs, hierbei aber die Abplattung als nothwendiges Element erforderlich iſt, die dann wiederum erſt aus der Ungleichheit der verſchiedenen Grade gefunden werden kann, ſo muſste bei der Berechnung allezeit einige Ungewiſsheit wegen der unvermeidlichen Meſsungsfehler übrig bleiben. Die Länge des Meters fiel daher verſchieden aus. Nach der Berechnung des van Swinden in ſeinem Berichte ſchwankt ſie zwiſchen 443,2959942 und 443,296 Linien der Toiſe von Peru, nach Delambre's Rechnung zwiſchen 443,3279942 und 443,328 ſolcher Linien [2], anderer Angaben nicht zu gedenken, welche jedoch den mitgetheilten ſehr nahe kommen, indem dieſe Gröſse nach Delambre für eine Abplattung von $\frac{1}{150}$ in Linien 443,22487 und für $\frac{1}{310}$ dagegen 443,31225 beträgt. Weil man aber eine definitive Beſtimmung haben muſste, ſo wurde durch ein Decret vom 19. Frimaire an 8 das legale Meter einer Metallſtange gleich geſetzt, welche ſelbſt bei 0° C. Temperatur auf der normal beſtimmten Toiſe von Peru bei 16°,25 Cent. der letztern 443,296 Linien miſst [3], weil die Länge dieſer Toiſe auf dieſe Temperatur als die normale reducirt war.

Daſs dieſe Gröſse und Gradmeſsungen mit groſser Genauigkeit wieder aufgefunden werden könne, auf jeden Fall ſo, daſs die Abweichung nur unmerklich ſeyn würde, unterliegt

---

1 Baſe métrique. T. III. p. 433. Vergl. Rapport ſur la Vérification du mètre. à Paris Thermid. an. 3.

2 Baſe métrique. T. III. p. 138 u. 103. Vergl. ebend. p. 299. u. a. a. O.

3 Ebend. p. 140.

Digitized by Google

keinem Zweifel und geht schon aus demjenigen hervor, was bereits oben[1] aus den seit jener Zeit bedeutend vermehrten Gradmessungen und Pendelbeobachtungen gefolgert worden ist. Hiernach beträgt nämlich für eine Abplattung $= \frac{1}{289,1}$ die Länge des Grades unter 45° N. B. 57007 Toisen, welche Gröſse mit 90 multiplicirt den zehnmillionsten Theil = 443,2865.... Linien giebt. Noch genauer erhält man diese Gröſse auf folgende Weise. Der Halbmesser eines Kreises, welcher mit dem Meridiane bei der angegebenen Abplattung eine gleiche Gröſse hat, wird durch die Formel

$$R = a\left(1 - \tfrac{1}{4}e^2 - \tfrac{3}{64}e^4 - \ldots.\right)$$

gefunden. Es ist dann

$$\begin{array}{rl} \text{Log. } R & = 6,5140553 \\ \text{Log. } 2 & = 0,3010300 \\ \text{Log. } \pi & = 0,4971499 \\ \hline \text{Log. d. Meridians} & = 7,3122352 \text{ in Toisen} \\ \text{Log. } 4 & = 0,6020600 \\ \hline \text{Log. d. Quadranten} & = 6,7101752 \text{ in Toisen}^{2} \\ \text{Log. } 864 & = 2,9365137 \\ \hline -\ 7 & = 2,6466889 \text{ in Linien} = 443,291, \end{array}$$

welche Gröſse nur um 0,005 Lin. kleiner ist, als die gesetzlich bestimmte des Meters.

Nach der Beendigung der groſsen Operation kamen viele Gelehrte nach Paris, um das neu regulirte Maſs kennen zu lernen und mit den in ihren Ländern üblichen zu vergleichen, z. B. Aenae und van Swinden von der batavischen Republik, wovon Letzterer zu der Bericht erstattenden Commission gehörte, Balbe und nachher Vassalli aus Sardinien, Bugge aus Dänemark, Ciscar und Pedrayes aus Madrid, Fabbroni aus Toscana, Franchini aus der römischen Republik, Mascheroni aus der cisalpinischen Republik, Multedo aus der ligurischen Republik und Tralles aus der

---

1 S. *Erde*. Bd. III. S. 933.

2 Hiernach ist die Gröſse des Quadranten in Toisen = 5130683. Die legale Gröſse desselben wurde zu 5130740, also 57 Toisen gröſser, angenommen.

Digitized by Google

Schweiz. Als Mittel, um den höchsten Grad der Genauigkeit bei diesen Vergleichungen der Längen der neuen Maſsstäbe mit den alten zu erreichen, diente der *Comparateur*[1]. Unter verschiedenen in Vorschlag gebrachten Benennungen des Normalmaſses und seiner Vielfachen sowohl als auch Unterabtheilungen wählte man die namentlich durch van Swinden empfohlene, wonach die Vielfachen des Meters durch griechische, die Theile desselben durch lateinische Namen bezeichnet wurden, beide nach dem dekadischen Systeme. Hieraus entstanden daher nach dem Gesetze vom 13. Brumaire an 9 die Benennungen *Myriameter*, *Kilometer*, *Hektometer* und *Dekameter*, dann *Decimeter*, *Centimeter* und *Millimeter*.

Durch eine Commission, an deren Spitze Lefévre-Gineau stand, wurden demnächst auf das neue Längenmaſs die Maſse des Inhalts und die Gewichte gegründet. Für diesen Zweck verfertigte Fortin einen hohlen messingnen Cylinder, dessen Beschaffenheit so war, daſs er mit einem nicht groſsen Uebergewichte in destillirtem Wasser unterging, damit die Wägungen desselben feiner ausfallen sollten. Durch ähnliche Mittel, als bei der Messung des Meters angewandt worden waren, wurde die Gröſse desselben mit möglichster Schärfe bestimmt, die Wägung desselben sowohl als auch die der gebrauchten Gegengewichte wurde auf den leeren Raum reducirt, die Wägung im Wasser bei 0°,3 C. angestellt, aber weil sich fand, daſs das Wasser bei 4° C. seine gröſste Dichtigkeit habe, so muſste auch hierfür eine Reduction vorgenommen werden[2]. Als verglichenes Gewicht diente das von 50 Mark, genannt *Pile de Charlemagne*[3] (welches jedoch vom König Johann aus dem 14ten Jahrhundert abstammen soll), und es fand sich, daſs nach allen Correctionen und mit Anwendung der höchsten Sorgfalt, die durch Lefévre-Gineau und Fabbroni angewandt wurden, das Gewicht eines Kubik-Decimeters de-

1 Vergl. Art. *Comparateur*. Bd. II. S. 175. Die Vergleichung selbst wurde hauptsächlich durch Brisson und de Borda angestellt. S. Rapport sur la vérification du mètre.

2 Die hierzu erforderlichen Methoden und Gröſsen sind im Art. *Gewicht*, *spec.*, angegeben.

3 Es ist dieses das nämliche französische Normalgewicht, womit Tillet 1766 die verschiedenen ausländischen verglich. S. Mém. de l'Acad. 1767. p. 350.

Digitized by Google

stillirten Wassers auf den luftleeren Raum reducirt im Puncte seiner gröſsten Dichtigkeit 18827 grains oder 2 Pfund 5 gros 35 grains betrage, welches unter dem Namen *Kilogramme* als Normaleinheit angenommen wurde. Hiernach wiegt der par. Kubikfuſs Wasser bei 0° C. 70 Pfd. 130 grains und bei 4° C. 70 Pfd. 223 grains. Auf diese Weise war also das Kilogramm als Gewichtseinheit bestimmt und erhielt sowohl Unterabtheilungen, als auch Vielfache, gleichfalls nach dem dekadischen Systeme und jene aus dem Lateinischen, diese aus dem Griechischen hergenommen. Nicht minder aber ergaben sich hieraus die Maſse der flüssigen und trocknen Substanzen, bei denen das Gewicht eines Kubikdecimeters destillirten Wassers im luftleeren Raume gewogen und im Puncte seiner gröſsten Dichtigkeit als Einheit, unter dem Namen *Liter*, mit dekadisch bestimmten Theilen und Vielfachen eingeführt wurde.

Die mit diesem Geschäfte der Maſsregulirung beauftragten Commissarien übergaben nach Beendigung desselben dem gesetzgebenden Körper die auf das genaueste gearbeiteten Normalmaſse, um sie mit gröſster Sorgfalt aufzubewahren, indem sie nur in auſserordentlichen Fällen zur Verificirung gebraucht werden sollten, wozu für gewöhnlich secundäre Maſse verwandt wurden. Jene waren zuerst ein Meter von Platin, *étalon primitif* genannt, dann ein Kilogramm von Platin, welche beide durch eine Commission, an deren Spitze La Place stand, am 4ten Messidor des Jahrs 7 der Republik (22. Jun. 1799) in das Archiv der Republik gebracht und dort niedergelegt wurden. Mit diesen genau übereinstimmend waren gleichzeitig zwei stählerne Meter, an den Enden von Messing, und ein Kilogramm von Messing verfertigt, um bei der Maſsregulirung als Norm zu dienen, noch wichtiger aber war ein dem *étalon primitif* ganz gleiches Meter von Platin und ein Kilogramm von dem nämlichen Metalle, welche beide unter Aufnahme eines gültigen Documentes auf der Sternwarte niedergelegt und unter die Aufsicht des *Bureau des Longitudes* gestellt wurden[1], wo sich zugleich der bei den Vergleichungen gebrauchte *Comparateur*[2] von Lenoir und die Waage

1 Connaissance des temps pour 1808.

2 S. dies. Art. Bd. II. S. 175. Eine Beschreibung der Wiener Comparateurs findet man im Jahrb. d. polyt. Inst. Bd. XVIII. 149.

von Fortin befindet. Die Vergleichung beider Etalons ergab, daſs das primitive das kürzeste ist, aber der Unterschied beträgt weniger als den zwölfhundertsten Theil einer Linie und liegt also auſser den Grenzen der Beobachtung. Ebendort befinden sich auch die Originalmanuscripte der ganzen Messung [1].

Es unterliegt keinem Zweifel, daſs sonst nirgends ein ursprünglich in seiner natürlichen Basis so wohl begründetes, vollständiges und durch innere Consequenz ausgezeichnetes Maſssystem existire, als das französische, und auf diesen seinen innern Werth, das Erzeugniſs der Anstrengungen einer Menge hochberühmter Gelehrten, ist dann auch der allgemeine Beifall gegründet, welcher demselben von Anfang an zu Theil wurde. Dabei läſst sich indeſs folgender Mangel nicht in Abrede stellen. Ein dekadisches Maſssystem ist zwar in wissenschaftlicher Hinsicht und namentlich für die Rechnung und schriftliche Mittheilung das bequemste und vollendetste, allein für den praktischen Gebrauch, insbesondere bei dem Volke bis zu den niedrigsten Classen herab, ist es nicht bloſs unbequem, sondern auch selbst zu schwierig in Beziehung auf die Vorstellung desselben. Der ungebildete Verstand erkennt und übersieht in seiner Vorstellung leicht die einfachsten rationalen Gröſsen-Verhältnisse von 1 zu 2 und dann zu 4, oder von 1 zu 3 und dann zu 6, aber von 1 zu 10 und dann zu 100 und so fort ist ein zu groſser Abstand. Es läſst sich allerdings hiergegen einwenden, daſs das frühere Verhältniſs vom Fuſse zum Zolle sogar noch entfernter, nämlich von 1 zu 12, gewesen sey; allein auch dieses war und ist noch jetzt

---

1 Vollständige Nachricht über dieses groſse Unternehmen enthält Base du Système métrique décimal, ou mesure de l'arc du méridien compris entre les parallèles de Dunkerque et Barcelone, exécutée en 1792 et années suivantes, par MM. Méchain et Delambre cet. T. I. Par. 1806. T. II. Par. 1807. T. III. Par. 1810. 4. Nächstdem am ausführlichsten in Annales de Chimie XX. p. 189 ff. Auſserdem findet man Arbogast's Bericht an den National-Convent vom 19. März 1791. in Journ. de Phys. T. XLIII. p. 169., den Bericht von de Borda, La Grange und Monge an die Akademie ebend. p. 181. und die Berichte an das National-Institut vom 29. Prairial an 7 über die Messung des Bogens und die Normal-Maſsbestimmungen in Journ. de Phys. XLIX. p. 98 u. 161.

Digitized by Google

bloſs denen geläufig, welche sich als Handwerker oder Künstler durch langen Gebrauch damit bekannt gemacht haben, statt daſs das Volk im Ganzen mehr halbirte, also von der Einheit im Fuſs und in der Elle zu der Hälfte und dem Viertel bis Achtel oder vielmehr halben Viertel überging. Auſserdem dürfte es für einen jeden ruhigen Staat eine Unmöglichkeit seyn, die durch vieljährigen Gebrauch gewohnten Maſse in einer solchen Weise gänzlich zu verdrängen und mit neuen zu vertauschen, als dieses in Frankreich durch die Einwirkung der alles zerstörenden und umgestaltenden Revolution möglich war; inzwischen haben sich auch dort, der geschärftesten Verbote ungeachtet, im gemeinen Leben noch einige der alten Maſse erhalten und wieder eingeschlichen. Andere Staaten haben daher bei ihren spätern Maſsbestimmungen wohl gethan, nur die einmal bestehenden zu reguliren, unbedeutend abzuändern und auf unwandelbare Normen zurückzuführen.

Rücksichtlich der eingeführten Nomenclatur muſs es ungetheilten Beifall finden, daſs man für die neuen Gröſsen ganz neue Namen wählte und diese bei der Abstractheit des Gegenstandes aus fremden Sprachen entlehnte, wozu dann die griechische und lateinische wegen ihres allgemeinen Bekanntseyns am meisten geeignet waren. Es läſst sich auch nicht anders als billigen, daſs man sich beider bediente und, um Verwechselungen zu verhüten, die eine für die Vielfachen, die andere für die Unterabtheilungen in Anwendung brachte. Uebrigens ist die Nomenclatur leicht abzuleiten[1]. Die Dekadik beruht auf den lateinischen Zahlennamen *decem* = 10, *centum* = 100, *mille* = 1000, welches die äuſserste Grenze der eigentlichen Namen ist, und auf den griechischen *δέκα* = 10, *ἑκατὸν* (zusammengezogen in *ἑκτὸν*) = 100, *χίλιος* (oder *χίλιοι*) = 1000 und *μύριος* (richtiger *μύριοι* im Plur.) = 10000. Die Maſseinheiten selbst kommen her: *Mètre* von *μέτρον*, das Maſs, *Gramme* von *γράμμα*, ein griechisches Gewicht, welches dem *scrupulum* der Römer glich[2]. Das *Litre* ist wohl gewählt, weil ein ihm ähnliches Maſs der Flüssigkeiten, *Litron* genannt, in Paris gebräuchlich war; sonst wird es von

1 Am gelehrtesten ist sie untersucht in Ann. de Chim. XX. p. 189.

2 S. oben griech. Maſse. A. d.

λίτρα, so viel als das lat. *libra*, ein Pfund oder was ein Pfund an Gewicht hält, abgeleitet. *Are* soll vom lateinischen *arare*, pflügen, so viel als *jugerum*, ein Juchert, abgeleitet seyn und *stère* kommt von dem vielfach gebräuchlichen στερεὸς, fest, hart, solid, her.

Die Einheit des Meters wurde, wie oben angegeben worden ist, so festgesetzt, daſs dieses Normalmaſs bei 0° C. Temperatur 443,296 Linien der Toise von Peru betrug, letztere bei der für sie beim Messen angenommenen Normaltemperatur von 16,25 Graden des hunderttheiligen Thermometers. Diese Bestimmung war richtig, insofern man genau den zehnmillionsten Theil des Quadranten der Erde als Einheit verlangte, und das Meter besteht sonach als Normalmaſs für sich und mit andern vergleichbar. Sollen aber diese beiden Maſse mit einander verglichen werden, so muſs man berücksichtigen, daſs die aus Eisen verfertigte Toise sich mehr zusammenziehn würde, wenn sie auf die nämliche Temperatur des Meters, nämlich bis 0° C. erkaltet würde, und da das letztere unverändert bleibt, so würde es hiernach um so viel mehr von der Toise decken, als diese durch Wärme ausgedehnt wird. Diese Gröſse findet man leicht, wenn man die Ausdehnung des Eisens durch Wärme kennt, und da die Mitglieder der Maſs-Commission sich überzeugt haben wollen, daſs der von de Borda gefundene Ausdehnungs-Coefficient für Eisen genau auf die Toise von Peru paſst, so ist die wirkliche Gröſse des Meters, mit der dieser Toise verglichen, beide bei 0° C. Temperatur, nicht 443,296 Linien, sondern $= 443,296\ (1 + 16,25 \times 0,00001156)$ par. Linien[1]. Dieses gäbe die Länge des Meters $= 443,3792731536$ par. Lin. Wollte man nach der in diesem Werke angenommenen Abplattung die eigentliche Gröſse des Meters, wie oben geschehn ist, nur zu 443,291 Lin. der Toise von Peru bei 16°,25 C. der letztern setzen, so betrüge die wegen der Temperatur gleichfalls corrigirte Länge 443,37427221435 par. Linien. Eigentlich wäre es wohl richtiger, bei der Vergleichung beider Maſse unter sich eine von diesen Gröſsen zum Grunde zu legen, und dann betrüge nach der erstern das Meter 0,513170455 der Toise von Peru, beide auf der Temperatur des Gefrierpunctes oder auf jeder andern, wenn sie von glei-

1 Vergl. *Ausdehnung*. Bd. I. S. 583.

Digitized by Google

chem Metalle verfertigt wären. Bei genauen Vergleichungen muſs hierauf, wie überhaupt auf die Ausdehnung der zum Messen dienenden Metalle, Rücksicht genommen werden; indeſs ist es einmal so eingeführt, diese Differenz bei den gewöhnlichen Bestimmungen zu vernachlässigen, und man setzt sonach das Meter = 0,513074 Toisen oder = 443,295936 par. Linien, also genau so groſs, als die eigentliche Bestimmung desselben ist, die man der Kürze wegen auf 443,296 Linien gesetzt hat. Wäre die letzte Ziffer der Toisenlänge eine 5 statt 4, so gäbe dieses das Meter = 443,2968 par. Linien, also länger als die gesetzliche Bestimmung desselben. Es ist dann der Logarithmus zur Verwandlung der Meter in Toisen = 0,7101800 — 1, der Fuſse in Meter = 0,5116687 — 1, welche im umgekehrten Falle abgezogen werden können, oder es ist für den ersten Fall der zu addirende Log. = 0,2898199, im zweiten = 0,4883313.

Zum altfranzösischen Maſse, welches man der Vergleichung und seines häufigen Gebrauches wegen kennen muſs, gehört die Toise von 6 Fuſs, auch Toise von Peru genannt, als normale Längeneinheit, der Fuſs von 12 Zoll, der Zoll von 12 Linien. Letztere werden wieder in Zehntel und Hundertstel u. s. w. getheilt, oder man nimmt Scrupel, Striche, Puncte u. s. w. an, deren 10 oder auch 12 auf eine Linie gehn. Die hieraus hervorgehenden 144 Lin. des altfranzösischen oder königlichen Fuſses, genannt *pied du Roi*, dienten und dienen noch jetzt zur Vergleichung anderer Fuſsmaſse. Normalgewicht war ferner das Pfund, bei dessen Bestimmung die schon genannte *pile de Charlemagne* als Typus diente. Dieses war in 16 Unzen, die Unze in 8 *gros*, das *gros* in 72 *grains* getheilt, und sonach betrug dieses Pfund 9216 *grains*[1], deren 18827,5 ein Kilogramm ausmachen. Die Uebersicht der neuen Maſse ist wegen der dekadischen Eintheilung derselben viel leichter und sie lassen sich vermittelst der Decimalbrüche durch die Versetzung des die letztern bezeichnenden Komma's (,) ohne Schwierigkeit in einander verwandeln. Es ist diesemnach 1 Kilometer = 10 Hektometer = 100 Dekameter = 1000 Meter

1 Noch einige theils ältere, theils neuere gebräuchliche, nicht zum metrischen Systeme gehörige Maſse werden später genannt werden.

= 10000 Decimeter = 100000 Centimeter = 1000000 Millimeter. Umgekehrt ist 1 Millimeter = 0,1 Centimeter = 0,01 Decimeter = 0,001 Meter = 0,0001 Dekameter = 0,00001 Hektometer = 0,000001 Kilometer. Für das Flächenmaſs, namentlich der Felder, ist die *Are* oder ein Quadrat von 10 Meter Seite bestimmt, enthält also 100 Quadratmeter und macht den hundertsten Theil einer Hektare aus, welche letztere 10000 Quadratmeter oder 100 Quadrat-Dekameter oder 1 Quadrat-Hektometer begreiſt. Die minder gebräuchliche *Centiare* ist 1 Quadratmeter oder 0,01 Quadrat-Dekameter. Das Normalmaſs für Brennholz ist die *Stère*, ein Kubikmeter. Weil aber das verkäuſliche Holz ungleiche Länge haben kann, so ist der obere Querbalken des Meſsrahmens verschiebbar, und eine an dem einen verticalen Balken des Rahmens befindliche messingne Scale zeigt die jeder vorkommenden Länge des Holzes zukommende Höhe des obern beweglichen Balkens, damit das Maſs jederzeit ein richtiges Kubikmeter ausmacht. Es giebt dann halbe und doppelte Steren, Decisteren und Dekasteren. Hiernach beträgt 1 Stere 0,5 Doppelsteren und 0,1 Dekasteren, desgleichen 2 halbe Steren und 10 Decisteren. Das Liter (*Litre*) von einem Kubik-Centimeter Inhalt enthält 10 Deciliter, 100 Centiliter und 1000 Milliliter, desgleichen 0,1 Dekaliter, 0,01 Hektoliter und 0,001 Kiloliter. Für die Gewichte ist zwar das *Kilogramm* als Normalgröſse bestimmt, allein dennoch zeigt schon die Benennung, daſs das *Gramm* die Normal-Einheit ist. Diese beträgt dann 10 Decigramme, 100 Centigramme und 1000 Milligramme, desgleichen 0,1 Dekagramm, 0,01 Hektogramm und 0,001 Kilogramm, wozu noch 0,0001 Myriagramm kommt und, weil die Einheit klein ist, 0,00001 *Quintal métrique*, indem der metrische Centner 100 Kilogramme wiegt. Auſserdem hat man noch das *Millier* von 1000 Kilogrammen oder die bei Schiffslasten gebräuchliche Tonne.

Da das metrische System als ein ganz neues erst in der jüngsten Zeit eingeführt wurde, das altfranzösische Maſs sich aber noch in Urkunden, Schriften und sonst vielfach erhalten hat, ja sogar noch gegenwärtig häufig gebraucht wird, so ist es sehr nützlich, beide nach ihrem verhältniſsmäſsigen Werthe nebeneinander zu stellen. Tabellarische Uebersichten beider sind hierzu am geeignetsten, jedoch läſst sich die Ausdehnung und der Umfang derselben nicht wohl bestimmen, indeſs hoffe

ich, daſs die folgenden für den praktischen Gebrauch genügen werden. Eine bedeutende Abkürzung gewährt hierbei der Umstand, daſs man für das Längenmaſs bloſs das Meter in Vielfachen und Decimalbruchtheilen aufzunehmen hat, ohne diese, die sich von selbst verstehn, besonders zu bezeichnen. So kann man z. B. bloſs schreiben 3582,321 Meter, statt 3 Kilometer, 5 Hektometer, 8 Dekameter, 2 Meter, 3 Decimeter, 2 Centimeter und 1 Millimeter. Indeſs dient hauptsächlich die erste Tabelle zur genauern Vergleichung der kleinern Längengröſsen.

Altes und metrisches Längenmaſs.

Lin.	Millim.	Lin.	Millim.	Lin.	Millim.	Lin.	Millim.
1	2,256	13	29,326	25	56,396	37	83,466
2	4,512	14	31,581	26	58,652	38	85,721
3	6,767	15	33,837	27	60,907	39	87,977
4	9,023	16	36,093	28	63,163	40	90,233
5	11,279	17	38,349	29	65,419	41	92,489
6	13,535	18	40,605	30	67,675	42	94,745
7	15,791	19	42,861	31	69,931	43	97,001
8	18,047	20	45,117	32	72,186	44	99,256
9	20,302	21	47,372	33	74,442	45	101,512
10	22,558	22	49,628	34	76,69[illegible]	46	103,768
11	24,814	23	51,884	35	78,954	47	106,024
12	27,070	24	54,140	36	81,210	48	108,280

Digitized by Google

Lin.	Met.	Fuſs	Met.	Fuſs	Meter	Tois.	Met.
1	0,002	5	1,624	5000	1624,197	7	13,643
2	0,005	6	1,949	6000	1949,036	8	15,592
3	0,007	7	2,274	7000	2273,876	9	17,541
4	0,009	8	2,599	8000	2598,715	10	19,490
5	0,011	9	2,924	9000	2923,554	20	38,981
6	0,014	10	3,248	10000	3248,394	30	58,471
7	0,016	20	6,497	11000	3573,234	40	77,961
8	0,018	30	9,745	12000	3898,073	50	97,452
9	0,020	40	12,994	13000	4222,913	60	116,942
10	0,023	50	16,242	14000	4547,752	70	136,432
11	0,025	60	19,490	15000	4872,591	80	155,923
Zoll	0,027	70	22,739	16000	5197,431	90	175,413
2	0,054	80	25,987	17000	5522,270	100	194,904
3	0,081	90	29,236	18000	5847,110	200	389,807
4	0,108	100	32,484	19000	6171,949	300	584,711
5	0,135	200	64,968	20000	6496,789	400	779,615
6	0,162	300	97,452	21000	6821,628	500	974,518
7	0,189	400	129,936	22000	7146,467	600	1169,422
8	0,217	500	162,420	23000	7471,307	700	1364,326
9	0,244	600	194,904	24000	7796,146	800	1559,229
10	0,271	700	227,388	25000	8120,986	900	1754,133
11	0,298	800	259,872	Tois.	1,949	1000	1949,036
Fuſs	0,325	900	292,355	2	3,898	2000	3898,073
2	0,650	1000	324,839	3	5,847	3000	5847,110
3	0,975	2000	649,679	4	7,796	4000	7796,146
4	1,299	3000	974,518	5	9,745	5000	9745,183
		4000	1299,358	6	11,694	10000	19490,356

Digitized by Google

Neues und altes Längenmaſs.

Millim.	Fuſs	Zoll	Lin.	Met.	Fuſs	Zoll	Lin.
1	—	—	0,4433	6	18	5	7,776
2	—	—	0,8866	7	21	6	7,072
3	—	—	1,3299	8	24	7	6,368
4	—	—	1,7732	9	27	8	5,664
5	—	—	2,2165	10	30	9	4,960
6	—	—	2,6598	20	61	6	9,919
7	—	—	3,1031	30	92	4	2,878
8	—	—	3,5464	40	123	1	7,837
9	—	—	3,9897	50	153	11	0,797
Cent.	—	—	4,4330	60	184	8	5,756
2	—	—	8,8659	70	215	5	10,716
3	—	1	1,2989	80	246	3	3,675
4	—	1	5,7318	90	277	0	8,634
5	—	1	10,1648	100	307	10	1,594
6	—	2	2,5978	200	615	8	3,187
7	—	2	7,0307	300	923	6	4,781
8	—	2	11,4637	400	1231	4	6,374
9	—	3	3,8966	500	1539	2	7,968
Decim.	—	2	8,3296	600	1847	0	9,562
2	—	7	4,6692	700	2154	10	11,155
3	—	11	0,9888	800	2462	9	0,749
4	1	2	9,3184	900	2770	7	2,342
5	1	6	5,6480	1000	3078	5	3,936
6	1	10	1,9776	2000	6156	10	7,872
7	2	1	10,3072	3000	9235	3	11,808
8	2	5	6,6368	4000	12313	9	3,744
9	2	9	2,9664	5000	15392	2	7,680
Met.	3	0	11,2960	6000	18470	7	11,616
2	6	1	10,592	7000	21549	1	3,552
3	9	2	9,888	8000	24627	6	7,488
4	12	3	9,184	9000	27705	11	11,424
5	15	4	8,480	10000	30784	5	3,360

Digitized by Google

Altes und neues Quadratmaſs.

Quadrat		Quadrat		Quadrat	
Lin.	Millim.	Zoll	Centim.	Fuſs	Decim.
1	5,098	7	51,2947	13	137,1768
2	10,178	8	58,6226	14	147,7289
3	15,266	9	65,9504	15	158,2809
4	20,355	10	73,2782	16	168,8330
5	25,444	20	146,5564	17	179,3851
6	30,533	30	219,8346	18	189,9371
7	35,621	40	293,1128	19	200,4892
8	40,710	50	366,3911	20	211,0413
9	45,799	60	439,6693	25	263,8016
10	50,888	70	512,9475	30	316,5619
20	101,775	80	586,2257	36	379,8743
30	152,663	90	659,5039	40	422,0825
40	203,551	100	732,7821	49	517,0511
50	254,438	110	806,0603	50	527,6031
60	305,326	120	879,3385	60	633,1238
70	356,214	130	952,6167	64	675,3320
80	407,101	140	1025,8949	70	738,6444
90	457,989	Fuſs	Decim.	80	844,1650
100	508,876	1	10,5521	81	854,7171
110	559,764	2	21,1041	90	949,6856
120	610,652	3	31,6562	100	1055,2063
130	661,539	4	42,2083	200	2110,4125
140	712,427	5	52,7603	300	3165,6188
Zoll	Centim.	6	63,3124	400	4220,8250
1	7,3278	7	73,8644	500	5276,0313
2	14,6556	8	84,4165	600	6331,2376
3	21,9835	9	94,9686	700	7386,4438
4	29,3113	10	105,5206	800	8441,6501
5	36,6391	11	116,0727	900	9496,8563
6	43,9669	12	126,6248	1000	10552,0626

Digitized by Google

Neues und altes Quadratmaſs.

Quadrat		Quadrat		Quadrat		Quadrat	
Millim.	Lin.	Cent.	Zoll.	Dec.	Fuſs.	Met.	Fuſs
1	0,197	1	0,136	1	0,095	1	9,48
2	0,393	2	0,273	2	0,190	2	18,95
3	0,590	3	0,409	3	0,284	3	28,43
4	0,786	4	0,546	4	0,379	4	37,91
5	0,983	5	0,682	5	0,474	5	47,38
6	1,179	6	0,819	6	0,569	6	56,86
7	1,376	7	0,955	7	0,663	7	66,34
8	1,572	8	1,092	8	0,758	8	75,81
9	1,769	9	1,228	9	0,853	9	85,29
10	1,965	10	1,365	10	0,948	10	94,77
15	2,948	15	2,047	15	1,422	15	142,15
20	3,930	20	2,729	20	1,895	20	189,54
25	4,914	25	3,412	25	2,369	25	236,92
30	5,895	30	4,094	30	2,843	30	284,30
35	6,878	35	4,776	35	3,317	35	331,68
40	7,860	40	5,459	40	3,791	40	379,07
45	8,843	45	6,141	45	4,265	45	426,45
50	9,826	50	6,823	50	4,738	50	473,84
55	10,808	55	7,506	55	5,212	55	521,22
60	11,791	60	8,181	60	5,686	60	568,61
65	12,773	65	8,870	65	6,160	65	615,99
70	13,756	70	9,553	70	6,654	70	663,38
75	14,738	75	10,235	75	7,108	75	710,76
80	15,721	80	10,917	80	7,581	80	758,15
85	16,703	85	11,600	85	8,055	85	805,53
90	17,685	90	12,282	90	8,529	90	852,93
95	18,668	95	12,964	95	9,003	95	900,31

Digitized by Google

Altes und neues Kubikmaſs.

Kubik		Kubik		Kubik	
Lin.	Millim.	Zoll	Cent.	Fuſs	Decim.
1	11,48	1	19,84	1	34,277
2	22,96	2	39,67	2	68,555
3	34,44	3	59,51	3	102,832
4	45,92	4	79,35	4	137,109
5	57,40	5	99,18	5	171,386
6	68,88	6	119,02	6	205,664
7	80,36	7	138,86	7	239,941
8	91,84	8	158,69	8	274,218
9	103,31	9	178,53	9	308,495
10	114,79	10	198,36	10	342,773
20	229,59	20	396,73	20	685,545
30	344,38	30	595,09	30	1028,318
40	459,17	40	793,46	40	1371,090
50	573,97	50	991,82	50	1713,863
60	688,76	60	1190,18	60	2056,635
70	803,58	70	1388,55	70	2399,408
80	918,35	80	1586,91	80	2742,180
90	1033,15	90	1785,27	90	3084,953
100	1147,94	100	1983,64	100	3427,726
200	2295,88	200	3967,28	200	6855,451
300	3443,82	300	5950,91	300	10283,177
400	4591,75	400	7934,55	400	13710,903
500	5739,69	500	9918,19	500	17138,629
600	6887,63	600	11901,83	600	20566,355
700	8035,57	700	13885,46	700	23994,081
800	9183,51	800	15869,10	800	27421,807
900	10331,45	900	17852,74	900	30849,533

Digitized by Google

Neues und altes Kubikmaſs.

Kubik mm.	Kubik Lin.	Kubik Cent.	Kubik Zoll	Kubik Dec.	Kubik Fuſs	Kubik Met.	Kubik Fuſs
1	0,09	1	0,05	1	0,03	1	29,17
2	0,17	2	0,10	2	0,06	2	58,35
3	0,26	3	0,15	3	0,09	3	87,52
4	0,35	4	0,20	4	0,12	4	116,70
5	0,44	5	0,25	5	0,15	5	145,87
6	0,52	6	0,30	6	0,18	6	175,04
7	0,61	7	0,35	7	0,20	7	204,22
8	0,70	8	0,40	8	0,23	8	233,39
9	0,78	9	0,45	9	0,26	9	262,56
10	0,87	10	0,50	10	0,29	10	291,74
20	1,74	20	1,01	20	0,58	20	583,48
30	2,61	30	1,51	30	0,87	30	875,22
40	3,48	40	2,02	40	1,17	40	1166,95
50	4,36	50	2,52	50	1,46	50	1458,69
60	5,23	60	3,02	60	1,75	60	1750,43
70	6,10	70	3,53	70	2,04	70	2042,17
80	6,97	80	4,03	80	2,33	80	2333,91
90	7,84	90	4,54	90	2,63	90	2625,65
100	8,71	100	5,04	100	2,92	100	2917,39
200	17,42	200	10,08	200	5,83	200	5834,78
300	26,13	300	15,12	300	8,75	300	8752,17
400	34,85	400	20,16	400	11,67	400	11669,56
500	43,56	500	25,21	500	14,59	500	14586,95
600	52,27	600	30,25	600	17,50	600	17504,34
700	60,98	700	35,29	700	20,42	700	20421,73
800	69,69	800	40,33	800	23,34	800	23339,12
900	78,40	900	45,37	900	26,24	900	26256,51

Digitized by Google

Für den praktischen Gebrauch dieser Tabellen ist noch Folgendes zu bemerken.

1) Da sie sämmtlich auf Addition beruhn, so kann man durch diese leicht die zwischenliegenden Gröſsen finden. Wollte man z. B. wissen, wie viel 23586 Fuſs in Metern betragen, so giebt die Tabelle

23000	7471,307
500	162,420
80	25,987
6	1,949

Also 23586 Fuſs = 7661,663 Meter.

2) Ebendieses gilt auch für die Zusammenstellung der quadratischen Maſse, welche für keine Gröſse bis zur nächst höhern vollständig aufgenommen werden konnten. Bekanntlich geben nämlich 144 Quadratlinien 1 Quadratzoll und 144 Quadratzoll 1 Quadratfuſs. Nach den französischen Maſsen machen dagegen 100 Quadrat-Millimeter 1 Quadrat-Centimeter, 100 Quadrat-Centimeter 1 Quadrat-Decimeter u. s. w. Um aber z. B. den Werth von 144 Quadratlinien zu finden, giebt die Tabelle

140 Quadratlinien	712,427 Quadrat-Millim.
4 - -	20,355 - -

144 Quadratlinien = 732,782 Quadrat-Millim.

Die metrische Eintheilung gewährt dabei den groſsen Vortheil, daſs man durch Versetzung des Komma's um zwei Stellen zu einer nächst höhern oder niedrigern Gröſse übergehn kann. So geben in dem eben mitgetheilten Beispiele 144 Quadratlinien 732,782 Quadrat-Millimeter; rückt man jedoch das Komma um zwei Stellen links, so erhält man 7,32782 Quadrat-Centimeter, wie die Tabelle für 1 Quadratzoll angiebt, und auch diese Gröſse kann ausgedrückt werden durch 7 Quadrat-Centimeter und 32,782 Quadrat-Millimeter. Auf gleiche Weise giebt die Tabelle für 600 Quadratfuſs 6331,2376 Quadrat-Decimeter, statt dessen man auch sagen kann, 63 Quadratmeter, 31 Quadrat-Decimeter, 23 Quadrat-Centimeter und 76 Quadrat-Millimeter.

3) Für die Vergleichung der Kubikmaſse war es noch weniger zulässig, alle Einheiten bis zur nächst höhern Gröſse

aufzunehmen; denn bekanntlich machen erst 1728 Kubik-Linien 1 Kubikzoll und 1728 Kubikzolle 1 Kubikfuſs, desgleichen 1000 Kubik-Millimeter 1 Kubik-Centimeter u. s. w. Daſs aber auch diese Tabelle für alle erforderliche Gröſsen ausreiche, möge folgendes Beispiel zeigen. Es soll die Gröſse eines Kubikzolles in Kubik-Millimetern ausgedrückt werden, so ist nach der Tabelle:

900	Kub.-Lin.		10331,45	Kub.-Millim.
800	- -		9183,51	- -
20	- -		229,59	- -
8	- -		91,84	- -
1728	Kub.-Lin.	=	19836,39	Kub.-Millim.

Ebendiese Gröſse ist in der Tabelle angegeben, nämlich 1 Kubikzoll = 19,84 Kubik-Centimeter. Hieraus folgt dann auch, daſs man für diese kubischen Gröſsen nach dem metrischen Systeme das Komma um 3 Ziffern nach der einen oder der andern Seite versetzen müsse, um die Würfel der nächst gröſsern oder kleinern Maſsbestimmungen zu erhalten. So sind z. B. 200 Kubikfuſs = 6855,451 Kub.-Decimetern gesetzt, man kann aber auch sagen, sie gleichen der Summe von 6 Kubik-Metern, 855 Kubik-Decimetern und 451 Kubik-Centimetern. Im ungekehrten Falle betragen z. B. 2 Kubikfuſs 68,555 Kubik-Decimeter, aber man kann auch sagen, 68555 Kubik-Centimeter oder 68555000 Kubik-Millimeter.

4) Die Werthe der angehängten Decimalbrüche sind zwar an sich unbedeutend, allein sie sind nicht ohne eine bestimmte Absicht hinzugefügt, indem sie vielmehr in allen Tabellen dazu dienen, ohne Weiteres die Mehrfachen nach der dekadischen Zahlenordnung zu finden. So sind z. B. gleich in der ersten Tabelle die dritten und auch die zweiten Decimalstellen der Millimeter nur verschwindend kleine Gröſsen, allein da unter andern 32 Linien 72,186 Millimetern gleichkommen, so betragen 320 Lin. 721,86 Millimeter, 3200 Lin. 7218,6 Millimeter und 32000 Lin. 72186 Millimeter. Ebendieses gilt von verglichenen quadratischen und kubischen Maſsen.

Nech der oben mitgetheilten Bestimmung wurde das alte Markgewicht abgetheilt: das Pfund in 16 *Onces*, die *Once* in

Digitized by Google

8 *gros*, das *gros* in 72 *grains*, deren 18827,15 ein Kilogramm ausmachen. Es ist sonach nicht zu weitläufig, diese sämmtlichen Gröſsen und ihre Vielfachen mit dem neuen Gewichte zu vergleichen, wenn man die unbestimmte Menge der Pfunde in mäſsige Grenzen einschlieſst. Ebendieses gilt von dem metrischen Gewichte, wobei jede Abtheilung nur bis zum Zehnfachen steigt, und man erhält sonach folgende tabellarische Uebersicht, wobei nur das bekannte Verhältniſs zu berücksichtigen ist, wonach 1 *Gramm* = 10 *Decigramme* = 100 *Centigramme* = 1000 *Milligramme*, und zugleich = 0,1 *Dekagramm* = 0,01 *Hektogramm* = 0,001 *Kilogramm* gesetzt werden kann, je nachdem die eine oder die andere Bezeichnung am bequemsten scheint. Das alte Pfund Markgewicht beträgt aber 489,5058 Gramme.

Altes und neues Gewicht.

Grain	Decigr.	Grain	Decigr.	Grain	Decigr.	Grain	Decigr.
1	0,53	19	10,09	37	19,65	55	29,21
2	1,06	20	10,62	38	20,18	56	29,74
3	1,59	21	11,15	39	20,71	57	30,28
4	2,12	22	11,69	40	21,25	58	30,81
5	2,66	23	12,22	41	21,78	59	31,34
6	3,19	24	12,75	42	22,31	60	31,87
7	3,72	25	13,28	43	22,84	61	32,40
8	4,25	26	13,81	44	23,37	62	32,93
9	4,78	27	14,34	45	23,90	63	33,46
10	5,31	28	14,87	46	24,43	64	33,99
11	5,84	29	15,40	47	24,96	65	34,52
12	6,37	30	15,93	48	25,50	66	35,06
13	6,90	31	16,47	49	26,03	67	35,59
14	7,44	32	17,00	50	26,56	68	36,12
15	7,97	33	17,53	51	27,09	69	36,65
16	8,50	34	18,06	52	27,62	70	37,18
17	9,03	35	18,59	53	28,15	71	37,71
18	9,56	36	19,12	54	28,68	72	38,24

Digitized by Google

Gros	Gram.	Onc.	Dekag.	Liv.	Kilogr.	Liv.	Kilogr.
1	3,824	8	24,475	7	3,427	75	36,713
2	7,649	9	27,535	8	3,916	80	39,160
3	11,473	10	30,594	9	4,406	85	41,608
4	15,297	11	33,654	10	4,895	90	44,056
5	19,121	12	36,713	15	7,343	95	46,503
6	22,946	13	39,772	20	9,790	100	48,950
7	26,770	14	42,832	25	12,238	Quintaux	
8	30,594	15	45,891	30	14,685	1	0,489
Onc.	Dekag.	16	48,950	35	17,133	2	0,979
1	3,059	Liv.	Kilogr.	40	19,580	3	1,468
2	6,119	1	0,489	45	22,028	4	1,958
3	9,178	2	0,979	50	24,475	5	2,448
4	12,238	3	1,469	55	26,923	6	2,937
5	15,297	4	1,958	60	29,370	7	3,427
6	18,357	5	2,448	65	31,818	8	3,916
7	21,416	6	2,937	70	34,265	9	4,406

Eine weitere Fortsetzung der Centner ist überflüssig, da die Reihe der mitgetheilten schon ergiebt, daſs das Verhältniſs des alten Markgewicht-Quintals und des neuen metrischen Quintals (*quintal métrique*) das nämliche ist, als zwischen dem alten *Livre poid de marc* und dem neuen *Kilogramme métrique*.

Wenn man das Verhältniſs des Milligramms zum Centigramm, Decigramm und Gramm berücksichtigt, wonach man die einem Milligramm gleichkommende Gröſse bloſs um eine dekadische Ordnung zu erheben nöthig hat, um sie einem Centigramm gleich zu machen u. s. w., so läſst sich die vollständige Vergleichung aller dieser Gröſsen leicht in zwei Tabellen zusammenfassen.

Metrisches und altes Markgewicht.

m m	Grain	m m	Grain	m m	Grain
1	0,01883	4	0,07531	7	0,13179
2	0,03765	5	0,09414	8	0,15062
3	0,05648	6	0,11296	9	0,16944

Digitized by Google

Gra.	Liv.	Onc.	Gros	Grain	Gra.	Liv.	Onc.	Gros	Grain
1	—	—	—	18,83	60	—	1	7	49,63
2	—	—	—	37,65	70	—	2	2	21,90
3	—	—	—	56,48	80	—	2	4	66,17
4	—	—	1	3,31	90	—	2	7	38,44
5	—	—	1	22,14	100	—	3	2	10,71
6	—	—	1	40,96	200	—	6	4	21,43
7	—	—	1	59,79	300	—	9	6	32,14
8	—	—	2	6,62	400	—	13	—	42,86
9	—	—	2	25,44	500	1	0	2	53,57
10	—	—	2	44,27	600	1	3	4	64,29
20	—	—	5	16,54	700	1	6	7	3,00
30	—	—	7	60,81	800	1	10	1	13,72
40	—	1	2	33,09	900	1	13	3	24,43
50	—	1	5	5,36	1000	2	—	5	35,15

Kilog.	Liv.	Onc.	Gr.	Grain	Kil.	Liv.	Onc.	Gr.	Grain
1	2	—	5	35,15	20	40	13	5	55,00
2	4	1	2	70,30	30	61	4	4	46,50
3	6	2	—	33,45	40	81	8	7	38,00
4	8	2	5	68,60	50	102	2	2	29,50
5	10	3	3	31,75	60	122	9	1	21,00
6	12	4	—	67,90	70	142	13	4	12,50
7	14	4	6	30,05	80	163	1	7	4,00
8	16	5	3	65,20	90	183	11	1	67,50
9	18	6	1	28,35	100	204	4	4	69,00
10	20	6	6	63,50	200	408	9	1	66,00

Ueber die übrigen französischen Maſse, welche weit seltner in Schriften vorkommen und wobei es daher keiner ausführlichen Vergleichungstabellen bedarf, wird Folgendes genügen. Für Feld- und Flächenmaſs ist eigentlich die *Are* bestimmt, allein es sind auch jetzt noch andere gebräuchlich, welche aus folgender Tabelle ihrem Gehalte nach erkannt werden können.

	Quadrat		
	Fuſs	Toisen	Meter
Perche des eaux et forêts .	484	13,44	51,07
Arpent des eaux et forêts .	48400	1344,44	5107,20
Perche de Paris	324	9,00	34,19
Arpent de Paris	32400	900,00	3418,87
Are	947,7	26,32	100
Hectare	94768,2	2632,45	10000

Digitized by Google

Für Brennholz ist das metrische Maſs, die *Stère* und *Decastère*, zwar auch im gemeinen Leben in Gebrauch, weil das ganze System in allen öffentlichen und gerichtlichen Verhandlungen gesetzlich angewendet werden muſs, gewöhnlich aber wird nach Fudern (*voie*) im Betrage von einer Doppelstere oder nach Faden (*corde*) gerechnet, wovon 2 Corden groſses Holz 9 Steren, sonst aber 2 Corden oder 2,5 Corden eine Decastere ausmachen. Bei Bauholz ist ein Balken, *solive ou pièce*, soviel als etwa eine Decistere, oder vielmehr 109 Decisteren betragen 106 Soliven. Das neue Flüssigkeitsmaſs ist bald sehr allgemein in Gebrauch gekommen, weil es dem alten sehr nahe gleich war.

Das gangbarste alte Flüssigkeitsmaſs war die *Pinte*, von welcher angenommen wurde, daſs sie 48 Kubikzoll enthalte, bei genauerer Untersuchung enthielt sie aber nur 46,95 Kubikzoll. Sie enthielt 2 *Chopinen*, die Chopine 2 Halbsetiers, die Halbsetier 2 *Possons* (gewöhnlich Poissons). Ferner machten 288 Pinten ein Faſs, *Muid*, dieses enthielt 2 *Feuillettes*, die Feuillette 2 *Quartauts*, das Quartaut 9 *Setiers* oder *Veltes* und also das *Setier* 8 Pinten. In physikalischen Schriften ist meistens nur von Pinten und Litern die Rede und es genügt daher hier bloſs eine tabellarische Uebersicht der Werthe dieser beiden. Auſserdem lassen sich die Liter leicht durch Versetzen des Komma's für Decimaltheile in die gröſsern oder geringern Maſse verwandeln. So betragen z. B. 150 Pinten 139,698 Liter oder 13,9698 Dekaliter oder 1,39698 Hektoliter.

Altes und metrisches Flüssigkeitsmaſs.

Pin.	Lit.	Pin.	Lit.	Pin.	Lit.	Pin.	Lit.
1	0,931	12	11,176	35	32,596	90	83,819
2	1,863	13	12,107	40	37,253	95	88,475
3	2,794	14	13,038	45	41,909	100	93,132
4	3,725	15	13,970	50	46,566	200	186,264
5	4,657	16	14,901	55	51,222	300	279,395
6	5,588	17	15,832	60	55,879	400	372,527
7	6,519	18	16,764	65	60,536	500	465,659
8	7,450	19	17,695	70	65,192	600	558,791
9	8,382	20	18,626	75	69,849	700	661,922
10	9,313	25	23,283	80	74,505	800	745,054
11	10,244	30	27,940	85	79,162	900	838,186

Digitized by Google

Neues und altes Flüssigkeitsmaſs.

Lit.	Pint.	Dekal.	Pint.	Hekt.	Pint.	Hekt.	Muids
1	1,074	1	10,737	1	107,375	1	0,373
2	2,147	2	21,475	2	214,749	2	0,746
3	3,221	3	32,212	3	322,124	3	1,118
4	4,295	4	42,950	4	429,499	4	1,491
5	5,369	5	53,687	5	536,874	5	1,864
6	6,442	6	64,425	6	644,248	6	2,237
7	7,516	7	75,162	7	751,523	7	2,610
8	8,590	8	85,900	8	858,998	8	2,983
9	9,664	9	96,637	9	966,373	9	3,355

In Frankreich, wie in mehrern andern Ländern, sind die Maſse für trockne Substanzen die nämlichen, wie für Flüssigkeiten, und namentlich ist dieses nach dem metrischen Maſssysteme der Fall, inzwischen haben sich neben den neuen gesetzlichen auch noch die alten, mindestens zum Theil, erhalten. Ein allgemeines und für alle Fruchtarten gleiches Maſs ist der *Boisseau* von 655,78 par. Kubikzoll oder 13,00829 Liter; er wurde in halbe und Viertel abgetheilt und enthielt 16 *Litrons*. Der Muid oder die Tonne enthielt 12 Setiers, dann enthielt aber der Setier Korn 4 *Minots* und 12 *Boisseaux*, der Setier Hafer dagegen 24 *Boisseaux*, mithin war der *Muid* für Hafer doppelt so groſs, als für Korn. Die nächste und allgemeinste Vergleichung ist also zwischen Setiers und Hektolitern und umgekehrt.

Alte und neue Hohlmaſse.

Korn		Salz		Hafer		Steinkohle	
Set.	Hektol.	Set.	Hektol.	Set.	Hektol.	Set.	Hektol.
1	1,561	1	2,081	1	3,122	1	4,163
2	3,122	2	4,163	2	6,244	2	8,325
3	4,683	3	6,244	3	9,366	3	12,488
4	6,244	4	8,325	4	12,488	4	16,651
5	7,805	5	10,407	5	15,610	5	20,813
6	9,366	6	12,488	6	18,732	6	24,976
7	10,927	7	14,569	7	21,854	7	29,139
8	12,488	8	16,651	8	24,976	8	33,302
9	14,049	9	18,732	9	28,098	9	37,464
10	15,610	10	20,813	10	31,220	10	41,627
11	17,171	11	22,895	11	34,342	11	45,790
12	18,732	12	24,976	12	37,464	12	49,952

Digitized by Google

Neue und alte Hohlmaſse.

Korn		Salz		Hafer		Steinkohle	
Hekt.	Setier	Hekt.	Setier	Hekt.	Setier	Hekt.	Setier
1	0,641	1	0,480	1	0,320	1	0,240
2	1,281	2	0,961	2	0,641	2	0,480
3	1,922	3	1,441	3	0,961	3	0,721
4	2,562	4	1,922	4	1,281	4	0,961
5	3,203	5	2,402	5	1,602	5	1,201
6	3,844	6	2,883	6	1,922	6	1,441
7	4,484	7	3,363	7	2,242	7	1,582
8	5,125	8	3,844	8	2,562	8	1,922
9	5,765	9	4,324	9	2,883	9	2,162
10	6,406	10	4,804	10	3,204	10	2,402

Es ist bereits oben bemerkt worden, daſs es der allgemeinen Revolution ungeachtet ausnehmend schwer hielt, die alten Maſse gänzlich zu verdrängen, namentlich wegen der zu weit von einander abstehenden dekadischen Verhältnisse. Hauptsächlich wurden in Paris die Elle (*aune*), nicht sowohl die gesetzliche von 526$\frac{5}{8}$ Lin., als vielmehr die Krämer-Elle von 524 Linien (der par. Stab), der *Boisseau* und das Pfund mit ihren Unterabtheilungen beibehalten. Durch ein Decret vom 12. Febr. 1812 wurden daher diese etwas abgeänderten und den metrischen mehr angepaſsten Maſse erlaubt, jedoch unter der Bedingung, daſs auf den Etalons neben der neuen Bestimmung ihr Verhältniſs zum metrischen Systeme angegeben seyn sollte. Die hiernach erlaubten Maſse sind[1]:

1) Die *Toise* von 2 Metern, in 6 Fuſs getheilt und = 1,026148 alte Toisen; der Fuſs (*pied*) = $\frac{1}{3}$ Meter oder 333$\frac{1}{3}$ Millimeter, in 12 Zoll und 144 Lin. getheilt, = 1,026148 alte Fuſs oder 147,765 alte Linien; die Elle (*aune*) von 12 Decimetern, in halbe, Viertel, Achtel und Sechzehntel oder auch in Drittel, Sechstel und Zwölſtel getheilt, also = 1,00972 alte Ellen oder 531,96 par. Lin. Hiernach ist der Quadratfuſs = 1,05298 alte Quadratfuſs und der Kubikfuſs = 1,080513 alte Kubikfuſs.

---

1 Chelius Maſs- und Gewichtsbuch. S. 156.

2) *Boisseau*	=	12,5	Liter =	630	alte	Kubikzoll.
doppeltes	—	25	—	1260	-	—
halbes	—	6,25	—	315	-	—
viertel	—	3,125	—	157,5	-	—
achtel	—	1,5625	—	78,75	-	—

auch sollte das Liter in halbe, Viertel, Achtel und Sechzehntel getheilt werden, um diese beim Verkaufe trockner und flüssiger Sachen im Kleinen zu gebrauchen.

3) Das *Pfund* nach der alten Abtheilung in Unzen, Gros und Grains und nach fortlaufenden Halbirungen dieser Gröſsen, jedoch sollte dieses Pfund genau 500 Grammen enthalten und also soviel als ein halbes Kilogramm betragen. Hiernach bestehn folgende Gewichte nach ihrem metrischen Werthe.

Pfund von 16 Unzen	500	Gramme
Halbes Pfund von 8 Unzen	250	—
Viertelpfund von 4 Unzen	125	—
Achtelpfund von 2 Unzen	62,5	—
Unze von 8 Gros	31,25	—
Halbe Unze von 4 Gros	15,625	—
Viertelunze von 2 Gros	7,8125	—
Gros von 72 Grains	3,90625	—
Grains von 72 auf 1 Gros	5,425	Centig.

Als *Medicinalgewicht* galt früher das gangbare Markgewicht und wurde auch nach der Einführung des metrischen beibehalten, weil es zu gefährlich gewesen wäre, beim Verschreiben und Austheilen von Arzneien ein ungewohntes Gewicht anzuwenden. Seitdem jedoch das eben angegebene neue, nur um den 46,7ten Theil abweichende Gewicht eingeführt worden ist, wird auch dieses in den Officinen gebraucht, weil es sich leicht auf das metrische zurückführen läſst[1].

---

1 Die französischen Maſse und Gewichte findet man in sehr vielen Schriften angegeben. Am vollständigsten ist Manuel pratique et élémentaire des poids et mesures cet. Huitième éd. Par S. A. Tarbé. Par. 1807. 12. (die 9te ist von 1813.) Natürliches Maſs-, Gewichts- und Münzsystem u. s. w. Von Georg Freiherrn v. Vega. Nach dessen Tode herausgegeben von A. Kreil. Wien 1803. Connaissance de tems. an X. Gute tabellarische Uebersichten giebt das jährlich erscheinende Annuaire présenté au Roi. Par le Bureau des Longitudes.

Digitized by Google

b) Englische Maſse.

In keinem der neuern Staaten hat man so frühe und mit so groſser Genauigkeit das Maſswesen bestimmt und auf die Erhaltung desselben gesehn, als in England. Ein normales Maſs für Gewicht und Inhalt wurde seit den ältesten Zeiten in Winchester aufbewahrt, und es existirt ein Befehl des Königs Edgar, etwa 100 Jahre vor der Eroberung erlassen, wonach dieses durch das ganze Königreich gültig seyn soll[1]. Die erste Revision des Längenmaſses geht bis zum Könige Heinrich I. im Jahre 1101 hinauf, welcher befahl, daſs die übliche Elle (die angelsächsische *gyrd* oder *girth*) die Länge seines Armes bis zur Spitze des Mittelfingers haben sollte. Dieses Normalmaſs, welches dem heutigen *yard* entspricht, war abgetheilt in Fuſs, Zolle und Gerstenkörner, als Vielfache aber bestanden die Ruthe (*pole*), die kleine Meile (*furlong*) und die groſse Meile (*mile*). Zu Gewichtmaſsen wurden Weizenkörner genommen, deren 32 nach der gesetzlichen Gewichtsbestimmung (*compositio mensurarum*) das Gewicht eines *Penny* (*pennyweight*) haben sollten, 20 Penny-Gewichte aber 1 Unze. Eine genaue Anordnung der Maſse kann jedoch aus jenen Zeiten nicht erwartet werden, weswegen auch mit Uebergehung dessen, was in der Zwischenzeit geschehn seyn mag, unter Heinrich VII. im Jahre 1494 durch eine Parlaments-Acte festgesetzt wurde, daſs im ganzen Lande nur einerlei Maſs und Gewicht gelten sollte[2]. Inzwischen sind die ersten Normalmaſse und Gewichte, die sich noch jetzt vorfinden, von der Königin Elisabeth aus dem Jahre 1588, nämlich ein in der Schatzkammer in Westminster aufbewahrter Maſsstab und ein Pfundstück *avoir-du-poids*-Gewicht aus Glockenspeise. Von diesen Normen wurden getreue Copieen genommen und denjenigen überlassen, welche Privilegien erhielten, Maſse zu aichen und zu verkaufen, wie dieses vorzüglich im Rathhause (*Guildhall*) in London geschah.

Dennoch aber schlichen sich allmälig merkliche Verschiedenheiten ein, insbesondere bei den Hohlmaſsen, wenn gleich weniger, als in andern Ländern. Um diesen zu begegnen, ernannte das Unterparlament 1758 eine eigene Commission zur

1 Hutton Dict. T. II. p. 599.

2 Allgem. geogr. Ephemer. 1799. Jan. S. 43.

Digitized by Google

Revision der Maſse und Gewichte, welche dieses Geschäft besorgte, einen sehr ausführlichen Bericht darüber abstattete und diesen nebst den genauesten vor Bird verfertigten Normalmaſsen (*Standards*) in den Archiven des Parlaments niederlegte. Aus dem Berichte geht hervor, daſs die Standards und ihre Unterabtheilungen, die sich in der Schatzkammer und im Rathhause vorfanden, nicht genau übereinstimmten. Hauptsächlich zeigten sich bedeutende Unrichtigkeiten in den Unterabtheilungen der Hohlmaſse und Abweichungen derer, die in den verschiedenen Theilen des Königreichs in Gebrauch waren, so oft auch solche durch Parlaments-Acten verboten worden waren. Nach letztern soll der Winchester *Bushel* der gesetzlich gangbare seyn, wie er im Hafen zu London, in Mark-lane und Guildhall gebräuchlich ist, welcher jedoch nicht genau mit dem normalen in der Westminster Schatzkammer übereinstimmt. Die Commission empfahl als Norm das Troy-Gewicht, weil sich die Gesetze meistens hierauf beziehn, dasselbe am längsten in Gebrauch war, die Münzen danach bestimmt wurden, dieses am häufigsten mit ausländischen verglichen worden war und in die kleinsten Theilchen getheilt wird. Ein altes Pfundstück dieser Art fand sich im Tower, dessen Abtheilungen jedoch nicht genau zusammenstimmten, weswegen die Commission dasselbe in halbe, Viertel, Achtel u. s. w. bis auf Tausendstel eines Grain theilte und die Stücke mit solcher Schärfe darstellen lieſs, daſs dadurch alle beliebige Combinationen möglich wurden. Diese nebst einem eigenen feinen Wäge-Apparate von Bird werden noch jetzt sorgfältig in der Münze aufbewahrt, auch wiegt dieses Pfundstück im Ganzen genau 7000 Grains und gerade soviel, als das von 1588 in der Westminster Schatzkammer[1].

Die königliche Societät hat zu wiederholten Malen genaue Prüfungen der Maſse vorgenommen und *Standards* verfertigen lassen. Dieses geschah unter andern hauptsächlich 1742 durch Graham, 1758 durch Bird, 1768 durch Maskelyne und hauptsächlich 1798 durch Shuckburgh Evelyn[2], welcher die oben bereits angeführte, von Whitehurst angewandte Me-

1 Hutton Dict. T. II. p. 24.

2 Nachrichten hierüber enthalten die Phil. Trans. von den genannten Jahren, von der letzten T. LXXXVIII. p. 133.

Digitized by Google

thode befolgte und die von diesem gebrauchten Pendel abermals untersuchte. Nach dem von ihm angewandten, durch Troughton verfertigten Maſsstabe war die Differenz eines Pendels, welches 42, und eines andern, welches 84 Schwingungen in 1 Secunde mittlerer Sonnenzeit 113 F. über dem Meeresspiegel bei 60° F. und 30 Z. Barometerstand machte, = 59,89358 Zoll, und ein Kubikzoll destillirtes Wasser bei 29,74 Z. Barometerstand und 66° F. wog 252,422 Grains des in dem *House of Commons* aufbewahrten Troy-Gewichts, wovon das Pfund 5760 Grains wiegt. Nach einer Vergleichung hiermit ergab sich die Länge des Maſsstabes der Königin Elisabeth = 35,9933 Zoll bei 60°,6 F. des im *House of Commons* aufbewahrten von Bird 1758 verfertigten = 36,00023 Zoll bei 64° F., des der Königl. Societät von 1742 durch Graham verfertigten = 35,9973 Zoll, des im Tower aufbewahrten = 36,0013 Zoll bei 60°,8 F. Die neuesten noch genauern Bestimmungen wurden in diesem Jahrhunderte nach der Beendigung der französischen Maſsbestimmung vorgenommen.

In Beziehung auf das Geschichtliche der englischen Gewichte insbesondere ist noch Folgendes von einigem Interesse. Schon nach Cap. 27. der *Charta magna* soll in ganz England einerlei Gewicht gebräuchlich seyn. Dieser Befehl wurde oft, namentlich unter Richard I., wiederholt, mit dem Zusatze, daſs die Normalmaſse gewissen Personen in jeder Stadt und in jedem Marktflecken anvertraut seyn sollten. Sie hieſsen *pondus regis* und *mensura domini regis* und sollten nach wiederholten Statuten in der Schatzkammer von Westminster durch einen Aufseher (*clerk of the market*) aufbewahrt werden, auſser das *Gallon* für Wein, welches der *city* von London anvertraut und auf dem Rathhause aufbewahrt wurde. Zur Bestimmung des Gewichts sollen nach dem Statute 51 von Heinrich III. vom J. 1266, Stat. 31 von Eduard I. und Stat. 12 von Heinrich VII. Weizenkörner dienen, deren 32, aus der Mitte der Aehre genommen und wohlgetrocknet, das Gewicht eines *penny* (*pennyweight*), 20 solcher Gewichte 1 Unze und 12 von diesen 1 Pfund betragen. In der ganzen Zeit von Wilhelm dem Eroberer bis Heinrich VII. war ferner gesetzlich bestimmt, daſs ein *Gallon* 8 solcher Pfunde (also 61440 Weizenkörner), ein *Bushel* 8 Gallonen und ein *Quarter* 8 Bushels enthalten solle. Heinrich VII. änderte

Digitized by Google

das altenglische oder sächsische Gewicht ab und führte das *Troy-Gewicht* ein, welches 0,75 Unzen schwerer war. HEINRICH VIII. führte im J. 1526 und 1532 das *avoir-du-poids*-Gewicht ein, zunächst dazu bestimmt, um von den Metzgern gebraucht zu werden. Letzteres hatte 7000 grains Troy-Gewicht, das Troy-Gewicht selbst 5760 und das altsächsische 5400 grains[1]. Beide erstere Gewichte sind seitdem in England gebräuchlich gewesen, einige andere, demnächst zu erwähnende, nicht gerechnet. Das *Troy*- oder *Trone-Gewicht* in Schottland soll statutenmäſsig das französische seyn, welches insgemein zu 7560 englische grains angenommen wird, allein das Mittel aus den Wägungen des Zunftaufſehers in Edinburg ergiebt 7600 grains. Die ältesten schottischen *Standards* sollten aufbewahrt werden: die Elle zu Edinburg, das Pfund zu Lanerk und das Firlot zu Linlithgow.

Sobald nach hergestelltem Frieden der wissenschaftliche Verkehr zwischen London und Paris wieder eröffnet war, wurden die Normalmaſse beider Länder wiederholt mit einander verglichen. Zuerst geschah dieses in London 1800 durch die Königl. Societät mit zwei Maſsstäben, welche LA LANDE an MASKELYNE gesandt hatte, und wonach das französische Meter genau 39,3702 engl. Zoll gefunden wurde. Ungleich schärfer war die in Paris 1801 angestellte Vergleichung, wobei die hierzu bestimmte Commission, bestehend aus PRONY, PICTET und LEGENDRE, sich einer nach dem Troughton'schen Maſsstabe verfertigten, von PICTET aus London mitgebrachten Regel bediente und diese mit der eisernen und platinenen Toise des Observatoriums vermittelst eines mikroskopischen Comparateurs von TROUGHTON und des groſsen von Lenoir verglichen. Beide Regeln von TROUGHTON, die erste durch SHUCKBURGH gebrauchte und diese letztere, zeigten sich bei der Vergleichung in London völlig übereinstimmend. Sie fanden die Länge des Meters = 39,38272 engl. Zoll, beide bei 0° C. Temperatur. Wird diese Gröſse nach dem Mittel der Ausdehnung des Messings von 0,00001879 für 1° C. nach LAVOISIER und LA PLACE auf die englische Normaltemperatur von 64° F. corrigirt, so ist die eigentliche Länge des Meters

1 Phil. Trans. LXV. art. 3.

Digitized by Google

= 39,370366 Zoll[1]. Eine ältere, bei Gelegenheit der bekannten Gradmessung durch Mason und Dixon in London vorgenommene Vergleichung gab nach der Reduction durch diese nämliche Commission 39,3824 englische Zoll und nach der Wärme-Correction 39,370066 engl. Zoll[2]. Im Jahr 1814 wurde durch eine Parlaments-Acte eine Revision des gesammten Maſswesens und Gleichförmigkeit desselben im ganzen Königreiche angeordnet und zu diesem Ende eine eigene Commission ernannt, welche das übertragene Geschäft besorgte. Die in ihrem Berichte enthaltenen Resultate[3] können hier füglich wegen späterer Abänderungen übergangen werden. Schon 1818 wurde nämlich abermals eine Commission für dieses Geschäft durch eine Parlaments-Acte eingesetzt, bestehend aus Sir George Clerk, Davis Gilbert, Dr. Wollaston, Dr. Thom. Young und Capt. Kater. Hierbei fand sich die Länge des im *House of Commons* aufbewahrten Maſsstabes bei 64° F. = 36,00016 Zoll statt der oben angegebenen 36,00023 Zoll[4]. Zur Vergleichung mit dem Meter wurde ein Meter aus Paris genommen, welches, von Platin gemacht, die genaue Länge durch zwei feine Striche bezeichnet enthielt und von Arago sorgfältig verglichen war. Vermittelst eines sehr feinen Mikrometers und eines Mikroskops ergab sich seine Länge = 39,37076 Z. des von Shuckburgh gebrauchten. Eine gleiche Messung eines andern, von Fortin verfertigten Meters, dessen Enden genau die Länge dieses Maſsstabes angaben (*mètre à bouts*), ergab 39,37081 Zoll, woraus als Mittel 39,37079 Zoll hervorging, beide auf die Normaltemperaturen, nämlich das französische auf 0° C. und das englische auf 62° F. = 16°,67 C. reducirt[5]. Shuckburgh hatte ferner nach der oben mitgetheilten Angabe das Gewicht eines Kubikzolles reines Wasser bei 29,74 Z. Barometerstand und 66° F. Temperatur = 252,422 Grains des im *House of Commons* aufbewahrten Troy-Gewichts gefunden, eine spätere Revision dieser Wägung mit verbesserten Werkzeugen durch Kater er-

1 Ann. Ch. et Phys. V. 166. Bibl. univ. VII. 1. Bibl. Brit. XIX. p. 119.

2 Vergl. Phil. Trans. 1768.

3 Phil. Mag. XLIV. p. 171.

4 Phil. Trans. 1818. p. 55.

5 Ebend. 103.

Digitized by Google

gab jedoch das Gewicht eines Kubikzolles Wasser auf den leeren Raum und 62° F. reducirt nach SHUCKBURGH's Maſs = 252,888 grains, welches nach dem Parlaments-Maſsstabe 252,722 grains beträgt [1]. KATER findet ferner aus LAMBTON's Gradmessungen die Abplattung des Erd-Sphäroids im Mittel $= \frac{1}{310,31}$ und hiernach die Gröſse des Quadranten = 5467756 *Fathom*, welches zu Zollen gemacht den zehnmillionsten Theil = 39,3677 Zoll giebt, also nur um 0,0032 Zolle geringer als die oben angegebene mittlere Gröſse [2].

Man muſs wohl unterscheiden, daſs bei allen diesen Untersuchungen und Prüfungen keine neuen Maſse und Gewichte aufgefunden, sondern nur die bestehenden mit gröſster Genauigkeit allgemein verbreitet werden sollten. Es darf daher als eine definitive Bestimmung angesehn werden, wenn durch die Parlaments-Acte vom 17. Juni 1824 bestimmt wurde, daſs die Grundeinheit, von welcher alle Maſse ausgehn sollten, das *Yard* sey, dessen Verhältniſs zum einfachen Secundenpendel in London deswegen genau bestimmt worden ist, damit man es wieder auffinden könne, wenn es jemals ganz verloren würde. Die englischen Maſse sind aber bei weitem so einfach nicht, als die französischen durch die Decimal-Eintheilung werden. Berücksichtigt man alle mehr oder minder üblichen, so sind es folgende.

Das normale Längenmaſs ist *Yard*, wovon die Originalregel sich unter dem Namen des *Imperial Standard Yard* unter Aufsicht des Clerk im *House of Commons* befindet. Auf demselben steht: *Standard Yard* 1760, und es ist in dem angegebenen Jahre von BIRD verfertigt worden. Seine gesetzliche Länge ist so bestimmt, daſs das einfache Secundenpendel in der Breite von London auf den Meeresspiegel und luftleeren Raum reducirt bei 62° F. 39,1393 engl. Zoll beträgt. Nach KATER's wiederholten Beobachtungen ist die genannte Pendellänge = 39,13929 engl. Zoll nach SHUCKBURGH EVELYN's Maſsstabe, welcher jedoch von dem Bird'schen um keine meſsbare Gröſse abweicht; auch ergeben BIOT's Pendelver-

1 Phil. Trans. 1821. p. 326. Edinb. Phil. Journ. N. X. p. 480. Vergl. N. XI. p. 41.

2 Phil. Trans. 1823.

Digitized by Google

suche zu Unst und Forth-Leith, mit den englischen Messungen verglichen, die genaueste Richtigkeit dieser Bestimmung[1]. In den Schriften kommen in der Regel nur Faden, Ellen, Fuſse, Zolle und deren Decimaltheile oder auch Linien und deren Decimaltheile vor, im Allgemeinen aber giebt es folgende Längengröſsen[2]:

1 *yard*	= 2 *cubits*	$1\frac{2}{3}$ *yards* = 5 F.	= 1 *paces*
1 *cubit*	1,5 *feet*	1,2 *pace* = 6 F.	1 *fathom*
1 *foot* = 12 Z.	$1\frac{1}{3}$ *spans*	5,5 *yards*	1 *pole* oder *rod*
1 *span* = 9 Z.	1,136 *guntersl.*	4 *poles* = 66 F.	1 *Gunter's chain*
1 *gunterslink*	2,64 *palms*	40 *poles*	1 *furlong*
1 *palm*	3 Zoll	8 *furlongs* = 1760 *yards*	1 *Mile.*

Die englischen Längenmaſse werden allgemein auch zur Ausmessung der Flächen benutzt, daher Quadratzolle, Quadratfuſse, Quadratmeilen u. s. w. Zum Feldmaſse dient aber speciell die Ruthe, *pole* oder *rod* von 5,5 *yards*, oder der Schritt, *yard*, selbst, indem hiernach der Flächen-Inhalt der Felder bestimmt wird. Hierfür ist die normale Bestimmung der Morgen oder Acker, *Acre*, von 4840 Quadrat-Yards oder 160 Quadrat-Rods, Quadrat-Poles, welcher also nach Chelius 40,467 Aren gleichzusetzen ist, und der Viertels-Acker, *Rood of Land*, von 1210 Quadrat-Yards oder 40 Quadrat-Rods.

Oft sind die englischen Längenmaſse mit den französischen verglichen worden. Nach Maskelyne[3] beträgt die französ. Toise bei 61° F. (16°,111 Cent.) 76,7344 engl. Zoll. Hiernach ist

1 Lin. par.		0,088813	engl.	Zoll
1 Zoll	—	1,065755	—	—
1 Fuſs	—	12,789060	—	—

Bei der in Paris angestellten Vergleichung des durch Pictet mitgebrachten, von Troughton verfertigten messingnen Yards,

---

1 Phil. Trans. 1826. T. II. p. 1 ff. Andere Messungen und Berechnungen geben zwar etwas hiervon abweichende Gröſsen, allein für die Maſsbestimmungen muſs diese einmal als unveränderlich betrachtet werden. Vergl. *Pendel.*

2 Ann. of Phil. N. S. I. 452.

3 Phil. Trans. LVIII. 274.

Digitized by Google

welches mit dem von Shuckburgh gebrauchten völlig übereinstimmte, mit dem Meter von Platin fand man, beide bei 12°,75 C. genommen, die Länge des Meters = 39,3781 engl. Zoll; dieses giebt für 0° C. 1 Met. = 39,3827, und also bei der Normaltemperatur des englischen = 62° F. (16°,67 C.) ist 1 Meter = 39,371 engl. Zoll. Nach Kater's Messungen war 1 Met. = 39,37079 engl. Zoll, das Meter bei 0° C. und das englische Maſs bei 62° F., welche bei beiden gesetzliche Temperaturen deswegen berücksichtigt werden müssen, weil sie nur bei diesen als Normen aller übrigen Gröſsenbestimmungen dienen. Werden also beide bei diesen Normaltemperaturen verglichen, so ist 1 Met. bei 0° = 39,37079 engl. Z. bei 62° F. und 1 Yard bei 62° F. = 914,383480748 Millim. bei 0° C., und da das Meter bei 0° C. = 443,295936 par. Lin. bei 16°,25 C. ist, so ist das *Yard* bei 62° F. = 405,34248096 par. Lin. bei 16°,25 Cent.[1]. Insofern aber die Normaltemperaturen der Toise und des Yard um keine merkliche Gröſse von einander abweichen, so ist es am besten, sie bei dieser mit einander zu vergleichen, wonach also 39,37079 engl. Zoll oder 472,44948 engl. Linien 443,295936 par. Lin. betragen. Nach einer Mittheilung von Bessel[2] untersuchte Hassler die Ausdehnung des Eisens und des Messings der von ihm gebrauchten Maſsstäbe selbst, und fand erstere = 0,0012534363, letztere = 0,0018916254 für 100 Grade C. Dann verglich er ein eisernes, von der Comité für Maſs und Gewicht aus Paris erhaltenes Meter mit einem englischen Normalmaſse von Troughton und fand beide auf 0° C. reducirt das Meter = 39,36861 engl. Zoll. Eine Vergleichung mit zwei andern Copieen von Kater gab ihm 39,37079, welches mit der in der *Base métrique*[3] enthaltenen = 39,371 am genauesten übereinstimmt[4]. Die Vergleichung einer von Lenoir gemachten,

---

1 Vergl. Chelius Maſs- und Gewichtsbuch. S. 281.

2 Phil. Mag. and Ann. of Phil. Vol. VI. N. 36. p. 407. Vergl. Comparison of Weights and Measures of Length and Capacity cet. by F. R. Hassler. Washingt. 1832.

3 S. Bd. III. S. 469.

4 Im 2ten Th. der Trans. of the Amer. Phil. Soc. N. Ser. p. 263. befindet sich eine ausführliche Abhandlung über die durch Hassler angestellten Vergleichungen. Hiernach war im Mittel bei 0° C. ein eisernes Meter von Lenoir = 39,3802506 und eins von Messing

von Bouvard und Arago geprüften Toise mit Troughton's engl. Maſse gab die Toise = 76,7419271 engl. Zoll, beide auf 0° C. Für die Normaltemperatur = 62° F. bei dem englischen Maſsstabe, 16°,25 C. für die Toise und 0° C. für das Meter ist die Länge des franzöſ. Fuſses

$$\text{aus dem Meter} = \frac{39{,}36861}{443{,}296} \times 12 = 1{,}0657063$$

$$\text{aus der Toise} = \frac{76{,}73336}{72} = \quad 1{,}0657411$$

$$\text{nach Kater's Untersuchungen} = \quad 1{,}0657652$$

$$\text{nach dem obigen Verhältnisse } \frac{472{,}449480}{443{,}295936} = 1{,}0657654.$$

Es scheint mir hiernach am paſslichsten, zu setzen

1 franz. Fuſs = 1,06575 engl.; Log. = 0,0276555
1 engl. Fuſs = 0,938306 franz.; Log. = 0,9723445 — 1,

Ersteres für die Verwandlung des franzöſ. Fuſses in den englischen, Letzteres für das umgekehrte Verfahren. Hiernach ist die folgende Tabelle berechnet, wobei zu berücksichtigen, daſs für die Linien, Zolle und Fuſse das nämliche Verhältniſs statt findet.

Englisches und französisches Längenmaſs.

Fuſs		Fuſs		Fuſs		Fuſs	
frz.	engl.	engl.	franz.	frz.	engl.	engl.	franz.
1	1,06575	1	0,938306	7	7,46025	7	6,568142
2	2,13150	2	1,876612	8	8,52600	8	7,506448
3	3,19725	3	2,814918	9	9,59175	9	8,444754
4	4,26300	4	3,753224	10	10,65750	10	9,383060
5	5,32875	5	4,691530	11	11,72325	11	10,321366
6	6,39450	6	5,629836	12	12,78900	12	11,259672

Es liegt vor Augen, daſs beide Gröſsen nach dieser Tabelle bis zu einer Million verglichen werden können, wenn man das Komma für die Decimalstellen weiter rückt. So betragen z. B. 700000 franz. Fuſs 746025 englische und 900000 englische 844475,4 französische. Da ferner die Toise 6 französische und das *Fathom* 6 engl. Fuſs beträgt, so findet zwi-

= 39,3803333 engl. Zoll, die Länge der Toise aber war im Mittel = 76,74429393 engl. Zoll.

Digitized by Google

schen beiden das nämliche Verhältniſs als zwischen den Fuſsen statt und die Reductionen beider können daher aus der Tabelle entnommen werden. Das englische *Yard* beträgt 3 engl. Fuſs, und um diese in Toisen zu verwandeln, darf man nur die nebenstehende Zahl der Fuſse halbiren oder im umgekehrten Falle verdoppeln. So betragen z. B. 90 Yards 42,22377 Toisen, dagegen aber 50 Toisen 106,575 Yards. Um endlich die Yards in französische Fuſs zu verwandeln, muſs die einer gleichen Zahl engl. Fuſs zugehörige Zahl der französ. Fuſs mit 3 multiplicirt werden.

Englische und französische Längenmaſse.

Yard	franz. F.	Yard	franz. F.	Yard	franz. F.
1	2,814918	10	28,149180	19	53,483442
2	5,629836	11	30,964098	20	56,29836
3	8,444754	12	33,779016	30	84,44754
4	11,259672	13	36,593934	40	112,59672
5	14,074590	14	39,408852	50	140,74590
6	16,889508	15	42,223770	60	168,89508
7	19,704426	16	45,038688	70	197,04426
8	22,519344	17	47,853606	80	225,19344
9	25,334262	18	50,668524	90	253,34262

Für die Vergleichung des englischen Fuſsmaſses mit dem Meter scheint mir die durch Bessel angegebene Gröſse die zweckmäſsigste zu seyn, wonach man setzen kann:

1 Meter = 39,370 engl. Zoll

1 Meter = 3 F. 3,37 Z.; Log. = 0,5159833

1 Fuſs engl. = 0,3048012 Met.; Log. = 0,4840167 — 1.

Englisches und metrisches Längenmaſs.

Lin.	mm	Zoll	Cent.	Fuſs	Meter.
1	2,1167	1	2,54	1	0,3048
2	4,2334	2	5,08	2	0,6096
3	6,3500	3	7,62	3	0,9144
4	8,4667	4	10,16	4	1,2192
5	10,5834	5	12,70	5	1,5240
6	12,7001	6	15,24	6	1,8288
7	14,8167	7	17,78	7	2,1336
8	16,9334	8	20,32	8	2,4384
9	19,0501	9	22,86	9	2,7432
10	21,1668	10	25,40	10	3,0480
11	23,2834	11	27,94	11	3,3528
12	25,4001	12	30,48	12	3,6576

Digitized by Google

Fuſs	Met.	Fuſs	Met.	Fuſs	Met.
13	3,9624	70	21,3361	1000	304,8011
14	4,2672	80	24,3841	2000	609,6022
15	4,5720	90	27,4321	3000	914,4033
16	4,8768	100	30,4801	4000	1219,2044
17	5,1816	200	60,9602	5000	1524,0055
18	5,4864	300	91,4403	6000	1828,8066
19	5,7912	400	121,9204	7000	2133,6077
20	6,0960	500	152,4005	8000	2438,4088
30	9,1440	600	182,8806	9000	2743,2099
40	12,1920	700	213,3607	10000	3048,0100
50	15,2400	800	243,8408	11000	3352,8111
60	18,2881	900	274,3210	12000	3657,6122

Auch diese Tabelle kann vermittelst der Decimalstellen leicht weiter fortgesetzt werden.

Metrisches und englisches Längenmaſs.

mm	Lin.	cm	Z.	Lin.	dm	F.	Z.	Lin.
1	0,47244	1	—	4,7244	1	—	3	11,244
2	0,94488	2	—	9,4488	2	—	7	10,488
3	1,41732	3	1	2,1732	3	—	11	9,732
4	1,88976	4	1	6,8976	4	1	3	8,976
5	2,36220	5	1	11,6220	5	1	7	8,220
6	2,83464	6	2	4,3464	6	1	11	7,464
7	3,30708	7	2	9,0708	7	2	3	6,708
8	3,77952	8	3	1,7952	8	2	7	5,952
9	4,25196	9	3	6,5196	9	2	11	5,196
10	4,72440	10	3	11,2440	10	3	3	4,440

Met.	F.	Z.	Met.	F.	Z.	Met.	F.	Z.
1	3	3,37	17	55	9,29	600	1968	6
2	6	6,74	18	59	0,66	700	2296	7
3	9	10,11	19	62	4,03	800	2624	8
4	13	1,48	20	65	7,4	900	2952	9
5	16	4,85	30	98	5,1	1000	3280	10
6	19	8,22	40	131	2,8	2000	6561	8
7	22	11,59	50	164	0,5	3000	9842	6
8	26	2,96	60	196	1,2	4000	13123	4
9	29	6,33	70	229	7,9	5000	16404	2
10	32	9,70	80	262	5,6	6000	19685	0
11	36	1,07	90	295	3,3	7000	22965	10
12	39	4,44	100	328	1	8000	26246	8
13	42	7,81	200	656	2	9000	29527	6
14	45	11,18	300	984	3	10000	32808	4
15	49	2,55	400	1312	4	11000	36089	2
16	52	5,92	500	1640	5	12000	39370	0

Digitized by Google

Eine Vergleichung der bei den Engländern und Franzosen üblichen Flächenmaſse der Ländereien läſst sich einfach auf das oben mitgetheilte Verhältniſs gründen, wonach der engl. *Acre* 40,467 franz. *Ares* beträgt.

Englisches und französisches Flächenmaſs.

Rood	Ares	Quadrat Yards	Ares	Roods	par. Quadr. Fuſs
1	10,1168	1210	1	0,098845	947,7
2	20,2335	2420	2	0,197691	1895,4
3	30,3503	3630	3	0,296536	2843,1
4	40,4670	4840	4	0,395382	3790,8
Acre	Hektar.	....	5	0,494227	4738,5
1	0,40467	4840	6	0,593073	5686,2
2	0,80934	9680	7	0,691918	6633,9
3	1,21401	14520	8	0,790764	7581,6
4	1,61868	19360	9	0,889609	8529,3
5	2,02335	24200	10	0,988455	9477,0
6	2,42802	29040	11	1,087301	10424,7
7	2,83269	33880	12	1,186146	11372,4
8	3,23736	38720	13	1,284992	12320,1
9	3,64203	43560	14	1,383837	13267,8
10	4,04670	48400	15	1,482683	14215,5
11	4,45137	53240	16	1,581528	15163,2
12	4,85604	58080	17	1,680374	16110,9
13	5,26071	62920	18	1,779219	17058,6
14	5,66538	67760	19	1,878065	18006,3
15	6,07005	72600	20	1,976910	18954,0
16	6,47472	77440	30	2,965365	28431,0
17	6,87939	82280	40	3,953820	37908,0
18	7,28406	87120	50	4,942275	47385,0
19	7,68873	91960	60	5,930730	56862,0

Um den Flächen-Inhalt in Quadratmetern zu erhalten, darf man nur berücksichtigen, daſs 1 Are 100 Quadratmeter ausmacht, wonach also in der Zahl der Aren das Komma für die Decimalzahlen um 2 Ziffern und für die Hektaren um 4 Ziffern weiter nach der rechten Seite gerückt wird. So giebt 1 Rood 10,1168 Aren oder 1011,68 Quadratmeter und 1 Acre 4046,7 Quadratmeter.

Das eigentliche Reichsgewicht in England ist das Pfund Troy, wovon mehrere einfache und doppelte Normalstücke im *House of Commons* aufbewahrt werden. Unter den Prüfungen derselben war eine der wichtigsten die durch Shuckburgh Evelyn,

Digitized by Google

welcher die verschiedenen Exemplare verglich und keine bedeutenden Abweichungen derselben wahrnahm. Die im Jahr 1818 festgesetzte Commission untersuchte die Gewichtsstücke abermals, und da sie fand, daſs das messingne, durch Bird 1758 verfertigte von dem durch Shuckburgh bestimmten Mittel am wenigsten abwich, so schlug sie dieses als das einzige Normalgewicht vor; auch wurde dieser Vorschlag durch eine Parlamentsacte genehmigt, wonach dieses die absolute Gewichtseinheit unter dem Namen *Imperial Troy Pound* seyn und im *House of Commons* aufbewahrt werden soll. Um dieses Gewicht auf das durch die Pendellängen unveränderlich bestimmte Längenmaſs zurückzuführen, setzte die ernannte Commission fest, daſs ein Kubikzoll destillirtes Wasser bei 62° F. Temperatur und bei 30 engl. Zollen Quecksilberhöhe des Barometers mit messingnen Gewichten gewogen 252,458 grains desjenigen Pfundes wiegen soll, welches 5760 solcher Grains enthält. Dieses Pfund (geschr. *lb, libra*, wovon auch das gewöhnliche Zeichen ℔. kommt) hat 12 Unzen (geschr. *oz*, *ounzes* statt des neuern *ounces*), die Unze 20 *pennyweight* (geschr. *dwt*), und das *dwt* hat 24 *grains*. Daneben existirt aber das *Avoir-du-poids*-Gewicht für den Handel, welches genau 7000 *grains* hält und in 16 Unzen, die Unze zu 16 Drachmen oder *Drams*, also in 256 Drachmen getheilt ist, deren jede diesemnach etwas über 27 *grains* enthält. Ferner geben 28 Pfunde 1 *quarter* (geschr. *qrs*), 4 *quarters* 1 *Hundredweight* (geschr. *C. wt*) und 20 *C. wt*, jedes von 112 Pfund Avoir-du-poids-Gewicht, 1 *Ton*. Das Apothekergewicht ist gleichfalls das Troy-Gewicht, hat aber die nämlichen Abtheilungen, wie in Deutschland.

Das Verhältniſs beider Gewichte zu einander ergiebt sich leicht, indem 144 Avoir-du-poids-Pfunde = 175 Troy-Pfunden und 175 Troy-Unzen = 192 Avoir-du-poids-Unzen sind. Das Verhältniſs dieses Gewichts zu andern, namentlich zum neufranzösischen, hat man erst in der neuesten Zeit schärfer zu bestimmen gesucht. Schon 1742 theilten sich die Londoner Societät und die Pariser Akademie genaue Copieen der bei ihnen gebräuchlichen Pfunde mit, welche verglichen das par. Pfund = 7560 engl. Grains gaben[1]. Im März 1820 fand man

1 Phil. Trans. XLII. 285.

Digitized by Google

aber bei der Vergleichung eines genauen par. Pfundes mit dem englischen in der Münze das erstere nur 7555 Grains schwer, und es zeigte sich dann, daſs das Pfund der Londoner Societät um etwas über 4 Grains zu leicht sey. Man darf also das Verhältniſs beider Pfunde $= \frac{5760}{7555}$ setzen oder 1 französ. Pfund = 1,311632 englische und 1 engl. = 0,76241 französische.

Bei dem groſsen Fleiſse und der auſserordentlichen Sorgfalt, welche auf die Erhaltung der gröſsten Genauigkeit bei den gesetzlich bestimmten Normalgewichten in England und Frankreich verwandt worden sind, ist es allerdings etwas auffallend, daſs dennoch die Vergleichungen verschiedener Copieen beider mit einander merkliche Unterschiede zeigen und daher die Bestimmungen hierüber noch fortwährend einige Ungewiſsheit zurücklassen, wie sich vorzüglich aus den neuesten Untersuchungen von van Moll[1] ergiebt. Zuerst fand derselbe, daſs ein von Bate erhaltenes Troy-℔. 0,065 Grains oder $\frac{1}{88614}$ des Ganzen weniger wog, als das von ihm zur Vergleichung gebrauchte von Robinson, wobei er nicht auszumitteln vermochte, welches von beiden das eigentlich richtige seyn mag[2]. Das Mittel aus 6 Wägungen ergab dann, daſs das durch Fortin verfertigte, von der berühmten Pariser Commission zur Regulirung der Maſse im Jahre 1799 adjustirte und van Swinden eingehändigte Kilogramm 15432,295 Grains des englischen Troy-Pfundes wog, wonach also letzteres 373,244 Grammen gleichkommt, eine mit den neuesten Prüfungen vollkommen übereinstimmende Gröſse. Ein zweites, dem Ministerium des Innern in den Niederlanden zugehöriges Kilogramm von Fortin zeigte dagegen + 0,487 Grains, ein von der französischen Münze der holländischen Münze zugesandtes, durch Gandolfi verfertigtes Exemplar + 0,465 und ein zweites von ebendemselben sogar + 1,487 Grains. Weber[3] fand bei der Vergleichung eines durch Schumacher

1 Journ. of the Roy. Inst. N. IV. p. 64.

2 Zwei andere, aus der Münze in London erhaltene, legalisirte Exemplare hatten — 1,43 und — 1,6 Grains.

3 Poggendorff's Ann. XVIII. 603.

Digitized by Google

erhaltenen Troy-Pfundes mit dem Platin-Kilogramm des Preuſsischen Gouvernements — 0,183 Grains. Andere Vergleichungen gaben noch weit gröſsere Unterschiede, z. B. von Lefevre Gineau und George Shuckburgh[1] + 11,765; von Shuckburgh, Fletcher und Kater[2] + 7,735; von Mathieu[3] + 6,090 Grains. Nach Francoeur[4] wiegt das Pfund Troy 372,9986 Gramme, das Pfund Avoir-du-poids 453,2968 Gramme; nach einer Wägung durch Mathieu, Legendre und Dulong[5] wiegt die engl. Troy-Unze 31,0913 Gramme, also das Pfund 373,0956 Gramme. Am genauesten sind die Bestimmungen durch Chelius und Hauschild[6], welche die berichtigten Etalons dazu durch Schumacher erhielten. Hiernach wiegt das engl. Troy-Pfund 373,243 und das Avoir-du-poids-Pfund 453,594 Gramme. Das Juwelengewicht endlich soll überall das nämliche seyn[7], wenigstens ist dieses bei dem im Handel vorkommenden der Fall, und sonach wiegt das Karat 20,5894 Centigramme. Hierauf beruhen folgende Vergleichungen.

---

1 Young's Lectures II. p. 161.

2 Annals of Phil. N. S. Vol. II. p. 154.

3 Annuaire du Bureau des Longit. 1829. p. 59.

4 Nouveau Bullet. des Sciences par la Soc. phil. 1825. Sept. p. 129.

5 Register of Arts N. 32. p. 127. Daraus in Dingler polyt. Journ. Th. XXVIII. Hft. 6.

6 Maſs- und Gewichtsbuch von G. K. Chelius. Herausgegeben von J. F. Hauschild. Frankf. 1830. S. 378. Nach einer in den Jahren 1833 und 1834 vorgenommenen Vergleichung von Schumacher's Kilogramm mit dem im Archive zu Paris, die durch Olufsen mit Unterstützung von Arago auf das sorgfältigste bewerkstelligt wurde, wiegt das dänische Kilogramm von Platin 999,999594 Gramme im luftleeren Raume. S. Schumacher's Jahrbuch für 1836. S. 237.

7 Chelius a. a. O. S. 291.

Englisches Troy- und Avoir-du-poids-Gewicht.

Troy dwt	A. d. p. dram.	Troy dwt	A. d. p. dram.	A. d. p. dr.	Troy dwt	A. d. p. oz	Troy oz
1	0,878	17	14,921	1	1,139	1	0,911
2	1,755	18	15,799	2	2,279	2	1,823
3	2,633	19	16,677	3	3,418	3	2,734
4	3,511	20	17,554	4	4,557	4	3,646
		oz	oz				
5	4,389	1	1,097	5	5,696	5	4,557
6	5,266	2	2,194	6	6,836	6	5,469
7	6,144	3	3,291	7	7,975	7	6,380
8	7,022	4	4,389	8	9,115	8	7,292
9	7,899	5	5,486	9	10,254	9	8,203
10	8,777	6	6,583	10	11,393	10	9,115
11	9,655	7	7,680	11	12,532	11	10,026
12	10,533	8	8,777	12	13,672	12	10,937
13	11,410	9	9,874	13	14,811	13	11,849
14	12,288	10	10,971	14	15,950	14	12,760
15	13,166	11	12,068	15	17,090	15	13,672
16	14,044	12	13,166	16	18,229	16	14,583

Digitized by Google

Englisches Troy- und Avoir-du-poids-Gewicht.

Troy lb	A. d. p. lb	Troy lb	A. d. p. lb	A. d. p. lb	Troy lb	A. d. p. qrs	Troy lb
1	0,823	65	53,486	1	1,215	1	34,027
2	1,646	70	57,600	2	2,430	2	68,054
3	2,469	75	61,714	3	3,646	3	102,081
4	3,291	80	65,829	4	4,861	4	136,108
5	4,114	85	69,943	5	6,076	Cwt	136,108
6	4,937	90	74,057	6	7,292	2	272,216
7	5,760	95	78,171	7	8,507	3	408,325
8	6,583	100	82,286	8	9,722	4	544,434
9	7,406	110	90,514	9	10,937	5	680,542
10	8,229	120	98,743	10	12,152	6	816,651
11	9,051	130	106,971	11	13,378	7	952,759
12	9,874	140	115,200	12	14,583	8	1088,88
13	10,697	150	123,429	13	15,798	9	1224,98
14	11,520	160	131,657	14	17,014	10	1361,11
15	12,343	170	139,886	15	18,229	11	1497,19
16	13,166	180	148,114	16	19,444	12	1633,30
17	13,989	190	156,343	17	20,659	13	1769,41
18	14,811	200	164,571	18	21,874	14	1905,52
19	15,634	300	246,857	19	23,090	15	2041,63
20	16,457	400	329,143	20	24,305	16	2177,74
25	20,570	500	411,429	21	25,520	17	2313,84
30	24,686	600	493,714	22	26,736	18	2449,95
35	28,800	700	576,000	23	27,951	19	2586,06
40	32,914	800	658,286	24	29,166	20	2722,17
45	37,028	900	740,572	25	30,381	Ton	2722,17
50	41,143	1000	822,857	26	31,597	2	5444,34
55	45,257	2000	1645,71	27	32,812	3	8166,51
60	49,371	3000	2468,57	28	34,027	4	10888,7

Es wird hinreichen, bloſs das Troy-Pfund mit dem altfranzösischen zu vergleichen, wozu das angegebene Verhältniſs dient, daſs das englische 5760, das französische aber 7555 engl. Grains wiegt. Dagegen aber wird das französische Pfund in 16 Unzen, die Unze in 8 gros und das gros in 72 grains abgetheilt, das englische aber in 12 Unzen, die Unze in 20 *pennyweight* und das *pennyweight* in 24 *grains*, wonach folgende Tabelle berechnet ist.

Digitized by Google

Englisches Troy- und französisches Markgewicht.

engl. gr.	franz. grain	dwt.	oz.	gr.	grain	oz.	℔.	On.	gr.	grain
1	1,220	1	—	—	29,28	6		6	0	57,19
2	2,440	2	—	—	58,55	7		7	0	66,72
3	3,660	3		1	15,83	8		8	1	4,26
4	4,879	4		1	45,11	9		9	1	13,79
5	6,099	5		2	2,38	10		10	1	23,32
6	7,319	6		2	31,66	11		11	1	32,85
7	8,539	7		2	60,94	12		12	1	42,39
8	9,759	8		3	18,21	lb.		12	1	42,39
9	10,979	9		3	47,49	2	1	8	3	12,77
10	12,199	10		4	4,77	3	2	4	4	55,16
11	13,418	11		4	34,04	4	3	—	6	25,54
12	14,638	12		4	63,32	5	3	12	7	67,92
13	15,858	13		5	20,60	6	4	9	1	38,31
14	17,078	14		5	49,87	7	5	5	3	8,70
15	18,298	15		6	7,15	8	6	1	4	51,09
16	19,518	16		6	36,43	9	6	13	6	21,47
17	20,738	17		6	65,70	10	7	9	7	63,86
18	21,957	18		7	22,98	11	8	6	1	34,24
19	23,177	19		7	52,26	12	9	2	3	4,63
20	24,397	Oz.	1	0	9,53	13	9	14	5	47,01
21	25,617	2	2	0	19,06	14	10	10	6	17,40
22	26,837	3	3	0	28,60	15	11	6	7	59,79
23	28,057	4	4	0	38,13	16	12	3	1	30,17
24	29,277	5	5	0	47,66	17	12	15	4	0,56

e. lb.	frz. ℔.	e. lb.	frz. ℔.	e. lb.	frz. ℔.
1	0,76241	8	6,09929	15	11,43616
2	1,52482	9	6,86170	16	12,19858
3	2,28723	10	7,62411	17	12,96099
4	3,04964	11	8,38652	18	13,72340
5	3,81206	12	9,14893	19	14,48581
6	4,57447	13	9,91134	20	15,24822
7	5,33688	14	10,67375	21	16,01063

Digitized by Google

Französisches Mark- und englisches Troy-Gewicht.

frz. grain	engl. grain	fr. gr.	engl. dwt.	gr.	fr. gr.	engl. dwt.	gr.	fr. gr.	engl. dwt.	gr.
1	0,820	19	0	15,58	37	1	6,33	55	1	21,09
2	1,640	20	0	16,40	38	1	7,15	56	1	21,90
3	2,459	21	0	17,22	39	1	7,97	57	1	22,73
4	3,279	22	0	18,03	40	1	8,79	58	1	23,55
5	4,099	23	0	18,85	41	1	9,61	59	2	0,36
6	4,919	24	0	19,67	42	1	10,43	60	2	1,19
7	5,738	25	0	20,49	43	1	11,25	61	2	2,01
8	6,558	26	0	21,31	44	1	12,07	62	2	2,83
9	7,378	27	0	22,13	45	1	12,89	63	2	3,65
10	8,198	28	0	22,95	46	1	13,71	64	2	4,47
11	9,017	29	0	23,77	47	1	14,53	65	2	5,28
12	9,837	30	1	0,59	48	1	15,35	66	2	6,10
13	10,657	31	1	1,41	49	1	16,17	67	2	6,92
14	11,477	32	1	2,23	50	1	16,99	68	2	7,74
15	12,297	33	1	3,05	51	1	17,81	69	2	8,56
16	13,116	34	1	3,87	52	1	18,63	70	2	9,38
17	13,936	35	1	4,69	53	1	19,45	71	2	10,20
18	14,756	36	1	5,51	54	1	20,27	72	2	11,02

frz. gros	engl. dwt.	gr.	frz. On.	engl. oz.	dwt.	grain	frz. On.	engl. oz.	dwt.	grain
1	2	11,02	1	0	19	16,19	9	8	17	1,69
2	4	22,05	2	1	19	8,38	10	9	16	17,88
3	7	9,07	3	2	19	0,56	11	10	16	9,06
4	9	20,09	4	3	18	16,75	12	11	16	1,25
5	12	7,12	5	4	18	8,93	13	12	15	17,44
6	14	18,14	6	5	18	1,13	14	13	15	9,63
7	17	5,16	7	6	17	17,31	15	14	15	1,81
8	19	16,19	8	7	17	9,50	16	15	14	18,00

frz. ℔.	engl. lb.	frz. ℔.	engl. lb.	frz. ℔.	engl. lb.
1	1,31163	8	10,49306	15	19,67448
2	2,62326	9	11,80469	16	20,98611
3	3,93490	10	13,11632	17	22,29774
4	5,24653	11	14,42795	18	23,60938
5	6,55816	12	15,73958	19	24,92101
6	7,86979	13	17,05122	20	26,23264
7	9,18142	14	18,36285	21	27,54427

Bei der Vergleichung des engl. Troy-Gewichts mit dem neufranzösischen liegt das oben angegebene, durch Che-

Digitized by Google

lius und Hauschild gefundene Verhältniſs zum Grunde, wonach das Pfund Troy 373,243 Gramme wiegt.

Englisches Troy- und metrisches Gewicht.

gr.	decig.	dwt.	gram.	oz.	gram.	lb.	kilogr.
1	0,648	1	1,555	5	155,518	16	5,97189
2	1,296	2	3,110	6	186,641	17	6,34513
3	1,944	3	4,666	7	217,725	18	6,71837
4	2,592	4	6,221	8	248,829	19	7,09162
5	3,240	5	7,776	9	279,932	20	7,46486
6	3,888	6	9,331	10	311,036	30	11,1973
7	4,536	7	10,886	11	342,139	40	14,9297
8	5,184	8	12,441	12	373,243	50	18,6621
9	5,832	9	13,997	lb.	kilogr.	60	22,3946
10	6,480	10	15,552	1	0,37324	70	26,1270
11	7,128	11	17,107	2	0,74649	80	29,8594
12	7,776	12	18,662	3	1,11973	90	33,5919
13	8,424	13	20,217	4	1,49298	100	37,3243
14	9,072	14	21,773	5	1,86622	200	74,6486
15	9,720	15	23,328	6	2,23946	300	111,9729
16	10,368	16	24,883	7	2,61270	400	149,2972
17	11,016	17	26,438	8	2,98594	500	186,6215
18	11,664	18	27,993	9	3,35919	600	223,9458
19	12,312	19	29,548	10	3,73243	700	261,2701
20	12,960	20	31,104	11	4,10567	800	298,5944
21	13,608	oz.	31,104	12	4,47892	900	335,9187
22	14,256	2	62,207	13	4,85216	1000	373,243
23	14,904	3	93,311	14	5,22540	2000	746,486
24	15,552	4	124,414	15	5,59865	3000	1119,729

Digitized by Google

Französisches metrisches und englisches Troy-Gewicht.

ctg.	grain	gr.	oz.	dwt.	grain	htg.	lb.	oz.	dwt.	grain
1	0,1543	1	0	0	15,432	1	0	3	4	7,23
2	0,3086	2	0	1	6,865	2	0	6	8	14,46
3	0,4630	3	0	1	22,297	3	0	9	12	21,69
4	0,6173	4	0	2	13,729	4	1	0	17	4,92
5	0,7716	5	0	3	5,162	5	1	4	1	12,15
6	0,9259	6	0	3	20,594	6	1	7	5	19,38
7	1,0803	7	0	4	12,026	7	1	10	10	2,61
8	1,2346	8	0	5	3,458	8	2	1	14	9,84
9	1,3889	9	0	5	18,890	9	2	4	18	17,07
10	1,5432	10	0	6	10,323	10	2	8	3	0,30
dcg.	grain	dkg.	oz.	dwt.	grain	kil.	lb.	oz.	dwt.	grain
1	1,5432	1	0	6	10,323	1	2	8	3	0,3
2	3,0865	2	0	12	20,646	2	5	4	6	0,6
3	4,6297	3	0	19	6,969	3	8	0	9	0,9
4	6,1729	4	1	5	17,292	4	10	8	12	1,2
5	7,7162	5	1	12	3,615	5	13	4	15	1,5
6	9,2594	6	1	18	13,938	6	16	0	18	1,8
7	10,803	7	2	5	0,261	7	18	9	1	2,1
8	12,346	8	2	11	10,584	8	21	5	4	2,4
9	13,889	9	2	17	20,907	9	24	1	7	2,7
10	15,432	10	3	4	7,230	10	26	9	10	3,0

kil.	lb.	kil.	lb.	kil.	lb.
1	2,679	11	29,471	20	53,5844
2	5,358	12	32,151	30	80,3766
3	8,038	13	34,830	40	107,1688
4	10,717	14	37,509	50	133,9610
5	13,396	15	40,188	60	160,7532
6	16,075	16	42,868	70	187,5454
7	18,755	17	45,547	80	214,3376
8	21,434	18	48,226	90	241,1298
9	24,113	19	50,905	100	267,9220
10	26,792	20	53,584	1000	2679,22

England hat im Allgemeinen noch seine ältern Hohlmaſse, allein die Commission für Maſs und Gewicht hat auch diese neuerdings mit einiger Abänderung näher bestimmt. Man unterschied nämlich ehemals die Maſse für trockne Substanzen von denen für Flüssigkeiten. Für trockne, nicht aufgehäuſte, sondern mit dem Streichholze abgestrichene Substanzen war das Hauptmaſs das *Gallon* von 268,8 Kubikzoll Inhalt, wel-

ches 8 *Pints* enthielt; dann machten 2 Gallons 1 *Peck*, gewöhnlicher 8 Gallons 1 *Bushel*, 32 Gallons oder 4 Bushels 1 *Coom*, 8 Bushels 1 *Quarter*, 5 Quarters 1 *Wey* und 10 Quarters oder 640 Gallons 1 *Last*. Für Steinkohlen aber machten 36 Bushels 1 *Chaldron*. Auch für die verſchiedenen Bierſorten war das Gallon von 282 Kubikzollen das normale Maſs, welches dann 4 *Quarts* und 8 *Pints* enthielt; ferner machten 9 Gallonen 1 *Firkin*, 18 Gallonen 1 *Kilderkin*, beide nicht eben gebräuchlich, desto mehr dagegen der *Barrel* von 36 und der *Hogshead* von 54 Gallons, endlich machten 72 Gallons oder 2 Barrels 1 *Puncheon* und 108 Gallons oder 3 Barrels 1 *Butt*. Für Wein beſtanden faſt die nämlichen Maſse, nämlich *Gallon*, jedoch nur von 231 Kubikzoll, welcher in 4 *Quarts* und 8 *Pints* getheilt wurde; dann machten 42 Gallons 1 *Tierce*, 63 Gallons 1 *Hogshead*, 84 Gallons oder 2 Tierces 1 *Puncheon*, 126 Gallons oder 3 Tierces 1 *Pipe* und 2 Pipes oder 252 Gallons 1 *Tun*. Auſserdem machten 10 Gallons 1 *Anker*, 18 Gallons 1 *Runlet*, und 31,5 Gallons 1 *Barrel*. Die mehrerwähnte Commiſsion für die Regulirung der Maſse und Gewichte that aber den nachher geſetzlich beſtätigten Vorſchlag, daſs der *Gallon* für alle trockene und flüſsige Dinge das einzige normale Hohlmaſs ſeyn ſolle. Der geſetzliche Inhalt des *Gallons* iſt 10 Avoirdu-poids-Pfund Waſser bei 62° F. und 30 Z. Barometerſtand, mit meſsingnen Gewichten in der Luft gewogen, und das hiernach beſtimmte, gleichfalls im *House of Commons* aufbewahrte Maſs heiſst *Imperial Standard Gallon*. Ein ſolcher Gallon enthält 277,274 engl. Kubikzoll, wird in 4 *Quarts* und 8 *Pints* getheilt, und 2 Gallons machen 1 *Peck*, 8 Gallons 1 *Bushel* und 64 Gallons oder 8 Bushels 1 *Quarter*. Auſserdem hat man im gewöhnlichen Gebrauche noch halbe *Bushels*, halbe *Gallons*, halbe *Pints* und *Gills*, deren vier eine Pinte ausmachen, und halbe *Gills*. Hiervon iſt jedoch das Maſs ſolcher trocknen Subſtanzen, welche nicht geſtrichen, ſondern beim Meſsen aufgehäuft werden, wohl zu unterſcheiden. Nach der geſetzlichen Beſtimmung ſoll der *Bushel*, worin ſolche Dinge gemeſsen werden, rund ſeyn, mit ebenem Boden, und 19,5 Zoll äuſserem Durchmeſser, von der einen Auſsenſeite zur andern gerechnet, enthalten. Die aufgehäufte Maſse ſoll dann ferner einen Kegel von mindeſtens

Digitized by Google

6 Zoll Höhe bilden, dessen Inhalt also 597,107 Kubikzoll beträgt. Diese zu den 8 × 277,274 Kubikzoll des gestrichenen Bushels gezählt giebt 2815,219 Kubikzoll; 3 solcher *Bushels* geben dann einen *Sack* und 12 *Sacks* oder direct 36 *Bushels* einen *Chaldron*.

Eine Vergleichung der englischen Maſse mit den französischen läſst sich anstellen, wenn man mit Chelius[1] annimmt, daſs ein gestrichener *Gallon* 277,274 englische oder 229,0468 par. Kubikzoll, der gehäufte *Bushel* aber 2815,25 engl. oder 2325,584 par. Kubikzoll beträgt; für die Bequemlichkeit wird es jedoch genügen, bloſs die neuern gesetzlichen Maſse beider Länder in tabellarischer Uebersicht nach der Grundlage zusammenzustellen, daſs 1 gestrichenes engl. *Gallon* 4,54346 franz. *Liter* ausmacht.

Englische und metrische Hohlmaſse.

Pi.	Lit.	Gal.	Dekal.	Bu.	Hektol.	Qt.	Kilol.
1	0,5679	1	0,4544	1	0,3635	2	0,581563
2	1,1359	2	0,9087	2	0,7269	3	0,872344
3	1,7038	3	1,3630	3	1,0904	4	1,163126
4	2,2717	4	1,8174	4	1,4539	5	1,453907
5	2,8397	5	2,2717	5	1,8174	6	1,744689
6	3,4076	6	2,7261	6	2,1809	7	2,035470
7	3,9755	7	3,1804	7	2,5443	8	2,326252
8	4,5435	8	3,6348	8	2,9078	9	2,617033

1 Maſs- und Gewichtsbuch S. 278.

Digitized by Google

Metrische und englische Hohlmaſse.

Lit.	Bus.	Gal.	Pints	Hktl.	Qt.	Bu.	G.	Pints
1	—	—	1,761	1	—	2	6	0,077
2	—	—	3,522	2	—	5	4	0,155
3	—	—	5,282	3	1	—	2	0,233
4	—	—	7,043	4	1	3	0	0,309
5	—	1	0,804	5	1	5	6	0,387
6	—	1	2,565	6	2	—	4	0,464
7	—	1	4,325	7	2	3	2	0,541
8	—	1	6,086	8	2	6	—	0,618
9	—	1	7,847	9	3	—	6	0,696
10	—	2	1,608	10	3	3	4	0,773
dkl.	—	2	1,608	Kll.	3	3	4	0,773
2	—	4	3,215	2	6	7	—	1,546
3	—	6	4,823	3	10	2	4	2,319
4	1	—	6,430	4	13	6	—	3,092
5	1	3	0,039	5	17	1	4	3,865
6	1	5	1,646	6	20	5	—	4,638
7	1	7	3,254	7	24	—	4	5,411
8	2	1	4,862	8	27	4	—	6,184
9	2	3	6,470	9	30	7	4	6,957
10	2	6	0,077	10	34	3	0	7,730

Die neueste Feststellung der Maſse und Gewichte im ganzen Königreiche geschah auf die Vorschläge der bereits erwähnten, von der Regierung im Jahre 1818 ernannten Commission, welche aus J. Banks, Georgh Clerk, Davies Gilbert, W. H. Wollaston, Th. Young und Henry Kater bestand. Sie übergab nach einander drei Berichte, den ersten vom 24. Juni 1819, den zweiten vom 13. Juli 1820 und den dritten vom 31. März 1821, worauf das vorgeschlagene Maſs und Gewicht durch zwei Parlamentsacten vom 17. Juni 1824 und 31. März 1825 gesetzliche Gültigkeit für das ganze Königreich erhielt. Demnächst wünschten die *Lords Commissioners* der königlichen Schatzkammer (*Treasury*), daſs eins der Mitglieder dieser Commission bei der Anfertigung der Hauptnormalmaſse (*principal standards*) behülflich seyn möchte, welche in der Schatzkammer (*Exchequer*) und auf dem Rathhause zu London, in Dublin und in Edinburg niedergelegt werden sollten, welchen Auftrag H. Kater erfüllte[1]. Weil

1 Phil. Trans. 1826. P. II. p. 1 ff.

Digitized by Google

Messing der Zersetzung leichter ausgesetzt ist, so wählte man hierzu eine Mischung aus 576 Th. Kupfer, 59 Th. Zinn und 48 Th. Messing. Der *Bushel* wurde cylindrisch gemacht, ungefähr 18,5 Z. innern, 19,5 Z. äuſsern Durchmesser und 8,25 Z. Tiefe haltend, das *Gallon*-Maſs bildete einen Kegel, welcher oben in einen Cylinder von 1,5 Z. Durchmesser endigte; dieses wurde in ein 4 Z. hohes cylindrisches Gefäſs mit Handhaben gesetzt, um es gegen Verletzung und Veränderung der Temperatur durch das Anfassen zu sichern. Die Maſse für *Quart* und *Pint* waren von der nämlichen Gestalt, nur kleiner, die aus Messing verfertigten Gewichte hatten sphärische Gestalt mit abgeplattetem Boden und Knöpfen zum Aufheben vermittelst einer hölzernen Gabel; auch war neben diesen eine kleine Vertiefung, um beim Justiren kleine Stückchen Draht aufzunehmen. Die *Yards* wurden in doppelten Exemplaren aus Messing durch Dollond verfertigt, die als gewöhnliche normale dienenden mit Enden von Stahl, die völlig genauen, nur für ausgezeichnete Fälle aufbewahrten, mit goldenen Puncten, die genau ihre Länge bezeichnen.

c) Wiener Maſse.

In den eigentlichen österreichischen Erbstaaten und namentlich in Wien, wurden schon seit längerer Zeit genaue Musterstücke der Maſse und Gewichte aufbewahrt und sogleich nach der Regulirung des französischen Maſssystems namentlich durch v. Vega mit genauen, aus Paris erhaltenen Etalons verglichen[1], auch wird fortwährend darauf gesehn, daſs die einmal angenommenen Gröſsen in ihrer festgesetzten Bestimmung beibehalten werden. Als normales Längenmaſs kann der *Fuſs* betrachtet werden, welcher in 12 Zoll, der Zoll in 12 Lin., die Linie in 12 Scrupel oder Puncte und

1 Natürliches Maſs-, Gewichts- und Münzsystem u. s. w. von G. Freiherrn v. Vega, herausgeg. von Kreil. Wien 1803. 4. Stampfer hat bei seinen Untersuchungen der Ausdehnung des Wassers und einer hierdurch veranlaſsten Prüfung der Wiener Normalmaſse etwas von den hier aufgenommenen Bestimmungen abweichende Werthe gefunden, allein wenn jene Bestimmungen als gesetzlich betrachtet werden, so sind die Muster hiernach einzurichten, und zudem ist die Abweichung nur unbedeutend. S. Jahrb. d. polyt. Inst. Th. XVI. S. 57.

Digitized by Google

der Punct in 12 Quintchen getheilt ist, ohne daſs man jedoch weiter als bis zu Linien und deren Decimalen zu gehn pflegt. Die Wiener Klafter enthält dann 6 solcher Fuſse, die Elle 2,465, und letztere wird im gemeinen Leben durch wiederholte Halbirungen und auch wohl in Drittel und Sechstel getheilt. Da in physikalischen Werken die beiden letztern Maſse nur selten vorkommen, so genügt es im Allgemeinen zu bemerken, daſs die Elle 0,7799224 und die Klafter 1,896614 Meter beträgt. Das Verhältniſs des Fuſses und der Klafter zum par. Fuſse und zum Meter giebt folgende Tabelle, worin der Wiener Fuſs = 316,1023 und der alte Pariser = 324,8394 Millimeter genommen worden ist.

Verhältniſs des Wiener zum Par. Längenmaſse.

Lin.	par. Lin.	Centim.	Zoll	par. Z.	Decim.
1	0,9731	0,2195	1	0,9731	0,26342
2	1,9462	0,4390	2	1,9462	0,52684
3	2,9193	0,6585	3	2,9193	0,79025
4	3,8924	0,8781	4	3,8924	1,05367
5	4,8655	1,0975	5	4,8655	1,31709
6	5,8386	1,3171	6	5,8386	1,58051
7	6,8117	1,5366	7	6,8117	1,84393
8	7,7848	1,7561	8	7,7848	2,10735
9	8,7579	1,9756	9	8,7579	2,37076
10	9,7310	2,1952	10	9,7310	2,63418
11	10,7041	2,4147	11	10,7041	2,89760
12	11,6772	2,6342	12	11,6772	3,16102
Fuſs	par. Fuſs	Meter	Fuſs	par. Fuſs	Meter
1	0,973103	0,3161023	11	10,704133	3,4771253
2	1,946206	0,6322046	12	11,677236	3,7932276
3	2,919309	0,9483069	13	12,650339	4,1093299
4	3,892412	1,2644092	14	13,623442	4,4254322
5	4,865515	1,5805115	15	14,596545	4,7415345
6	5,838618	1,8966138	16	15,569648	5,0576368
7	6,811721	2,2127161	17	16,542751	5,3737391
8	7,784824	2,5288184	18	17,515854	5,6898414
9	8,757927	2,8449207	19	18,488957	6,0059437
10	9,731030	3,1610230	20	19,462060	6,3220460
Kl.	par. Fuſs	Meter	Kl.	par. Fuſs	Meter
1	5,8386	1,89661	6	35,0317	11,37968
2	11,6772	3,79323	7	40,8703	13,27629
3	17,5158	5,68984	8	46,7089	15,17291
4	23,3544	7,58645	9	52,5475	17,06952
5	29,1931	9,48307	10	58,3861	18,96614

Digitized by Google

Verhältniſs des Pariser zum Wiener Längenmaſse.

mm.	Lin.	ctm.	Z.	Lin.	dcm.	F.	Z.	Lin.
1	0,4555	1	—	4,555	1	—	3	9,555
2	0,9111	2	—	9,111	2	—	7	7,110
3	1,3666	3	1	1,666	3	—	11	4,664
4	1,8222	4	1	6,222	4	1	3	2,219
5	2,2777	5	1	10,777	5	1	6	11,774
6	2,7333	6	2	3,333	6	1	10	9,328
7	3,1888	7	2	7,888	7	2	2	6,883
8	3,6444	8	3	0,444	8	2	6	4,438
9	4,0999	9	3	4,999	9	2	10	1,993
10	4,5555	10	3	9,555	10	3	1	11,548

Met.	Wien. F.	Met.	Wien. F.	p. F.	Wien. F.
1	3,163533	13	41,12593	1	1,02764
2	6,327066	14	44,28946	2	2,05528
3	9,490599	15	47,55299	3	3,08292
4	12,65413	16	50,61653	4	4,11056
5	15,81766	17	53,78006	5	5,13820
6	18,98120	18	56,94359	6	6,16584
7	22,14473	19	60,10713	7	7,19348
8	25,30826	20	63,27066	8	8,22112
9	28,47180	21	66,43419	9	9,24876
10	31,63533	22	69,59773	10	10,27640
11	34,79886	23	72,76126	11	11,30404
12	37,96239	24	75,92479	12	12,33168

Da das nämliche Verhältniſs zwischen den altfranzösischen und Wiener Linien, Zollen, Klaftern und Toisen statt findet, als zwischen den Fuſsen, so genügt die dritte Columne der letzten Tabelle zur Reduction aller dieser Gröſsen.

Auſser den genannten Längenmaſsen sind in Wien und den österreichischen Erbstaaten noch gangbar und gesetzlich geduldet: der *Strich,* beim Recrutenmaſse, von 3 Wiener Linien, die *Faust,* beim Pferdemaſse, von 4 Wien. Zoll, die böhmische oder Prager Klafter und Elle von 1,778496 und 0,50396 Meter, die mährische Klafter und Elle von 1,775789 und 0,7906682 Meter, die schlesische Klafter und Elle von 1,73635 und 0,5790104 Meter und die tyroler Klafter und Elle von 1,884665 und 0,8041356 Meter. Zu Flächenmaſsen dienen die üblichen Längenmaſse, für den Inhalt der Felder

Digitized by Google

aber hauptsächlich die Quadratklafter, welche 3,597145 Quadratmeter beträgt, 1600 Quadratklafter aber betragen ein *Joch*, welches also 5755,43 Quadratmeter oder 57,55432 Aren beträgt. Zur Bestimmung des Kubikinhalts dient meistens der Kubikfuſs = 31,58517 Kubik-Decimeter und der Kubikzoll = 18,27845 Kubik-Centimeter.

Wiener und metrisches Feldmaſs.

Joch	Hektaren	Are	Joch	Hkt.	Joch
1	0,575543	1	0,017375	1	1,737489
2	1,151086	2	0,034750	2	3,474978
3	1,726630	3	0,052125	3	5,212467
4	2,302173	4	0,069500	4	6,949956
5	2,877716	5	0,086875	5	8,687445
6	3,453259	6	0,104249	6	10,424934
7	4,028802	7	0,121624	7	12,162423
8	4,604346	8	0,139000	8	13,899912
9	5,179889	9	0,156374	9	15,637401
10	5,755432	10	0,173749	10	17,374890

Die Wiener Gewichte haben zur Norm die Mark, welche durch Vega mit einem halben Kilogramme verglichen wurde. Chelius[1] fand zwar ein diesem Muster nachgebildetes etwas schwerer, als das genaue halbe Kilogramm, insofern bekanntlich in Frankreich die zum Gebrauche verfertigten Copieen etwas gröſser gemacht werden, um nicht später unter ihre eigentliche Bestimmung herabzusinken, allein da Vega's Angabe ein leichteres Exemplar andeutet, so wird es hieraus wahrscheinlich, daſs er ein ächtes angewandt habe, und es kann daher seine Bestimmung um so mehr beibehalten werden. Die *Mark*, deren 5 genau 6 der in Wien vorhandenen Cölnischen Mark betragen, wird durch 16maliges Halbiren in 65536 Richtpfennige getheilt und ist 280,644 Grammen gleich, die Wiener Cölnische Mark also 233,87 Grammen. Sie wird als Münz- und Silbergewicht gebraucht und dann in 16 Loth, das Loth in 4 Quentchen, das Quentchen in 4 Pfennige getheilt. Neben diesem besteht das Handelsgewicht, wobei das *Pfund* von 32 *Loth*, jedes zu 4 *Quentchen*, letzteres von 4 Sechzehnteln, die Einheit bildet. Das Pfund gleicht 560,0122 Grammen und

1 A. a. O. S. 845.

Digitized by Google

100 Pfund geben 1 *Centner*. Beim Apothekergewichte enthält das Pfund nur 24 Loth des Handelsgewichts und wird, wie gewöhnlich, in 12 *Unzen*, die Unze in 8 *Drachmen*, die Drachme in 3 *Scrupel*, jedes von 20 *Gran*, getheilt. Bei einer Vergleichung mit dem französischen Gewichte genügt es also bloſs, das im Allgemeinen gebräuchliche Handelsgewicht zu berücksichtigen, weil das Apothekergewicht in seinen Lothen mit diesem zusammenfällt; inzwischen verdienen die abweichenden Unterabtheilungen desselben der Bequemlichkeit wegen gleichfalls mit aufgenommen zu werden.

Bei der Vergleichung mit den französischen Gewichten liegen übrigens die schon angegebenen Bestimmungen zum Grunde, wonach das französische alte Pfund von 9216 Grains 489,5058 Gramme, das Kilogramm aber 18827,15 altfranzös. Grains beträgt.

Wiener Medicinal- und französisches Gewicht.

gran	frz. grains	Gram.	dra.	onc.	gr.	grain	Gram.
1	1,3728	0,072918	1	—	1	10,371	4,37509
2	2,7457	0,145836	2	—	2	20,741	8,75019
3	4,1185	0,218755	3	—	3	31,112	13,12528
4	5,4914	0,291673	4	—	4	41,482	17,50037
5	6,8642	0,364591	5	—	5	51,853	21,81547
6	8,2371	0,437509	6	—	6	62,223	26,25056
7	9,6099	0,510428	7	1	—	0,594	30,62566
8	10,9827	0,583346	8	1	1	10,965	35,00075
9	12,3556	0,656264	Unz.	1	1	10,965	35,00075
10	13,7284	0,729182	2	2	2	21,929	70,00140
11	15,1013	0,802101	3	3	3	32,894	105,00215
12	16,4741	0,875018	4	4	4	43,859	140,00290
13	17,8470	0,947936	5	5	5	54,823	175,00365
14	19,2198	1,020855	6	6	6	65,788	210,00440
15	20,5926	1,093773	7	8	—	4,752	245,00515
16	21,9655	1,166691	8	9	1	15,717	280,00590
17	23,3383	1,239610	9	10	2	26,682	315,00665
18	24,7112	1,312529	10	11	3	37,646	350,00740
19	26,0840	1,385447	11	12	4	48,611	395,00815
Scr.	27,4569	1,458365	12	13	5	59,576	420,00890
2	54,9137	2,916731					
3	82,3706	4,375095					

Für das Handelsgewicht genügt es, die Vergleichung erst mit den Lothen anzufangen, denn 4 Drachmen des Apothe-

kergewichts geben 1 Loth Handelsgewicht und also 1 Drachme 1 Quentchen, dessen Unterabtheilungen bei ſeinen Wägungen selten vorkommen.

Wiener Handels- und französisches Gewicht.

Lt.	On.	gr.	grain	Gram.	Lt.	On.	gr.	grain	Gram.
1	—	4	41,482	17,5004	22	12	4	48,611	385,0084
2	1	1	10,965	35,0007	23	13	1	18,093	402,5087
3	1	5	52,447	52,5011	24	13	5	59,576	420,0091
4	2	2	21,929	70,0015	25	14	2	29,058	437,5095
5	2	6	63,412	87,5019	26	14	6	70,540	455,0099
6	3	3	32,894	105,0023	27	15	3	40,023	472,5103
7	4	—	2,376	122,5027	28	16	—	9,505	490,0106
8	4	4	43,859	140,0030	29	16	4	50,987	507,5110
9	5	1	13,341	157,5034	30	17	1	20,470	525,0114
10	5	5	54,823	175,0038	31	17	5	61,952	542,5118
11	6	2	24,306	192,5042	32	18	2	31,434	560,0122
12	6	6	65,787	210,0046	℔.			Paris. ℔.	Kilog.
13	7	3	35,270	227,5049	1			1,144036	0,560012
14	8	—	4,752	245,0053	2			2,288072	1,120024
15	8	4	46,235	262,5057	3			3,432108	1,680036
16	9	1	15,717	280,0061	4			4,576144	2,240049
17	9	5	57,199	297,5064	5			5,720180	2,800061
18	10	2	26,682	315,0068	6			6,864216	3,360073
19	10	6	68,164	332,5072	7			8,008252	3,920085
20	11	3	37,646	350,0076	8			9,152288	4,480097
21	12	—	7,129	367,5080	9			10,296324	5,040109

Digitized by Google

Französ. metrisches und Wiener Apotheker-Gewicht.

mg.	gran	ctg.	gran	dcg.	gran	gr.	dr.	sc.	gran
1	0,0137	1	0,1371	1	1,3714	1	—	—	13,714
2	0,0274	2	0,2743	2	2,7428	2	—	1	7,428
3	0,0411	3	0,4114	3	4,1142	3	—	2	1,142
4	0,0549	4	0,5486	4	5,4856	4	—	2	14,856
5	0,0686	5	0,6857	5	6,8570	5	1	—	8,569
6	0,0823	6	0,8228	6	8,2283	6	1	1	2,283
7	0,0960	7	0,9600	7	9,5997	7	1	1	15,997
8	0,1097	8	1,0971	8	10,971	8	1	2	9,711
9	0,1234	9	1,2343	9	12,343	9	2	—	3,425

dkg.	u.	dr.	sc.	gran	hktg.	℔.	u.	dr.	sc.	gran
1	—	2	—	17,140	1	—	2	6	2	11,389
2	—	4	1	14,278	2	—	5	5	2	2,778
3	—	6	2	11,417	3	—	8	4	1	14,167
4	1	1	—	8,556	4	—	11	3	1	5,556
5	1	3	1	5,695	5	1	2	2	—	16,945
6	1	5	2	2,833	6	1	5	1	—	8,334
7	1	7	2	19,973	7	1	7	7	2	19,723
8	2	2	—	17,111	8	1	10	6	2	11,112
9	2	4	1	14,250	9	2	1	5	2	2,501
10	2	6	2	11,389	10	2	4	4	1	13,890

Digitized by Google

Französ. metrisches und Wiener Handelsgewicht.

gram.	Quent.	dkg.	Lt.	Quent.	hktg.	℔.	Lt.	Quent.
1	0,2286	1	—	2,286	1	—	5	2,857
2	0,4571	2	1	0,571	2	—	11	1,713
3	0,6857	3	1	2,857	3	—	17	0,570
4	0,9143	4	2	1,143	4	—	22	3,427
5	1,1428	5	2	3,428	5	—	28	2,283
6	1,3714	6	3	1,714	6	1	2	1,140
7	1,6000	7	3	3,999	7	1	7	3,997
8	1,8585	8	4	2,285	8	1	13	2,853
9	2,0571	9	5	0,571	9	1	19	1,710
10	2,2857	10	5	2,857	10	1	25	0,567

Klg.	Pfund	Klg.	Pfund	Klg.	Pfund
1	1,785676	11	19,642436	21	37,499196
2	3,571352	12	21,428112	22	39,284872
3	5,357028	13	23,213788	23	41,070548
4	7,142704	14	24,999464	24	42,856224
5	8,928380	15	26,785140	25	44,641900
6	10,714056	16	28,570816	26	46,427576
7	12,499732	17	30,356492	27	48,213252
8	14,285408	18	32,142168	28	49,998928
9	16,071048	19	33,927844	29	51,784604
10	17,856760	20	35,713520	30	53,570280

Auſser diesen Gewichten sind in den österreichischen Staaten noch das *böhmische Pfund* von 32 Lt. = 514,346[illegible] Grammen, das *schlesische Pfund* von 32 Lt. = 529,83[illegible] Grammen, das *tyroler Pfund* von 32 Lt. = 562,9223 Grammen und die *ungarische Oka* = 1,275656 Kilogramm gebräuchlich.

Das eigentliche Wiener Hohlmaſs für trockne Substanzen ist die *Metze*, welche 61,4994 Liter oder 3100,33 par. Kubikzoll beträgt, in halbe, Viertel und Achtel getheilt wird, eigentlich aber 8 Achtel, jedes zu 4 Mäſseln, das *Mäſsel* zu 4 Bechern enthält. Auſserdem hat man noch das halbe oder kleine Mäſsel und als Rechnungsgröſse die *Muth* von 30 Metzen. Alle Maſse werden gesetzmäſsig gestrichen gemessen, auſser der Kohlen-*Stübich* von 2 Metzen, welcher gehäuft wird. Hierauf beruht folgende Vergleichungstabelle.

Digitized by Google

Wiener und metriſche Hohlmaſse.

Bech.	Liter	Met.	Kilolit.	Met.	Kilolit.
1	0,480464	1	0,061499	16	0,983990
2	0,960928	2	0,122999	17	1,045490
3	1,441392	3	0,184498	18	1,106989
Mä.	1,921856	4	0,245998	19	1,168489
2	3,843713	5	0,307497	20	1,229988
3	5,765569	6	0,368996	21	1,291487
4	7,687425	7	0,430496	22	1,352987
Acht.	7,687425	8	0,491995	23	1,414486
2	15,374850	9	0,553495	24	1,475986
3	23,062275	10	0,614994	25	1,537485
4	30,749700	11	0,676493	26	1,598984
5	38,437125	12	0,737993	27	1,660484
6	46,124550	13	0,799492	28	1,721983
7	53,811975	14	0,810992	29	1,783483
8	61,499400	15	0,922491	30	1,844982

Metriſche und Wiener Hohlmaſse.

Lit.	Mtz.	Acht.	Mäſs.	Becher	Hkl.	Muth	Mtz.	Acht.	Mäſs.	Bech.
1	—	—	—	2,081	1	—	1	5	—	0,132
2	—	—	1	0,163	2	—	3	2	—	0,264
3	—	—	1	2,244	3	—	4	7	—	0,396
4	—	—	2	0,325	4	—	6	4	—	0,528
5	—	—	2	2,407	5	—	8	1	—	0,660
6	—	—	3	0,488	6	—	9	6	—	0,793
7	—	—	3	2,569	7	—	11	3	—	0,925
8	—	1	—	0,651	8	—	13	—	—	1,057
9	—	1	—	2,732	9	—	14	5	—	1,189
Dkl.	—	1	1	0,813	Kll.	—	16	2	—	1,321
2	—	2	2	1,626	2	1	2	4	—	2,642
3	—	3	3	2,440	3	1	18	6	—	3,963
4	—	5	—	3,253	4	2	5	—	1	1,284
5	—	6	2	0,066	5	2	21	2	1	2,606
6	—	7	3	0,879	6	3	7	4	1	3,193
7	1	1	—	1,692	7	3	23	6	2	1,248
8	1	2	1	2,506	8	4	20	—	2	2,569
9	1	3	2	3,319	9	4	26	2	2	3,890
10	1	5	—	0,132	10	5	12	4	3	1,211

Zum Messen der Flüssigkeiten dient als Norm die *Maſs* oder *Kanne*, welche 1,415015 Litern gleichkommt oder 71,3343 par. Kubikzolle enthält. Sie wird auſser der Halbi-

rung in 4 *Seitel* getheilt, auch hat man gewöhnlich halbe Seitel; ferner machen 40 Maſs einen *Eimer*, 10 Eimer 1 *Faſs* und 30 Eimer ein *Dreiling*, nach welchen Gröſsen gerechnet wird, statt daſs der wirkliche Wein-Eimer 41 und der Bier-Eimer 42,5 Maſs enthält.

Wiener und metrische Hohlmaſse für Flüssigkeiten.

Seitel	Liter	Maſs	Liter	Maſs	Liter	Maſs	Liter
1	0,35375	11	15,5652	24	33,9604	37	52,3556
2	0,70750	12	16,9802	25	35,3754	38	53,7706
3	1,06126	13	18,3952	26	36,7904	39	55,1856
Maſs	1,41502	14	19,8102	27	38,2054	Eim.	56,6006
2	2,83003	15	21,2252	28	39,6204	2	113,201
3	4,24505	16	22,6402	29	41,0354	3	169,802
4	5,66006	17	24,0553	30	42,4505	4	226,403
5	7,07508	18	25,4703	31	43,8655	5	283,003
6	8,49009	19	26,8853	32	45,2805	6	339,604
7	9,90510	20	28,3003	33	46,6955	7	396,204
8	11,3201	21	29,7153	34	48,1105	8	452,805
9	12,7351	22	31,1303	35	49,5255	9	509,406
10	14,1502	23	32,5403	36	50,9405	Faſs	566,006

Metrische und Wiener Hohlmaſse für Flüssigkeiten.

Lit.	Maſs	Dkl.	Eim.	Maſs	Hkl.	Faſs	Eim.	Maſs
1	0,70671	1	—	7,0671	1	—	1	30,671
2	1,41341	2	—	14,1341	2	—	3	21,341
3	2,12012	3	—	21,2012	3	—	5	12,012
4	2,82682	4	—	28,2682	4	—	7	2,682
5	3,53353	5	—	35,3353	5	—	8	33,353
6	4,24024	6	1	2,4024	6	1	—	24,024
7	4,94694	7	1	9,4694	7	1	2	14,694
8	5,65365	8	1	16,5365	8	1	4	5,365
9	6,36035	9	1	23,6035	9	1	5	36,035
10	7,06706	10	1	30,6706	10	1	7	26,706

Digitized by Google

Kll.	Faſs	Eim.	Maſs	Kll.	Faſs	Eim.	Maſs
1	1	7	26,706	6	10	6	0,235
2	3	5	13,412	7	12	3	26,941
3	5	3	0,118	8	14	1	13,647
4	7	—	26,824	9	15	9	0,353
5	8	8	13,530	10	17	6	27,059

Auſser diesen sind in den österreichischen Staaten nach v. Vega noch folgende Fruchtmaſse gangbar: der böhmische *Strich* = 93,60224 Litern, der gallizische *Korschetz* = 112,999 Litern, das Grätzer *Viertel* in Steiermark = 79,87864 Litern, die mährische *Metze* = 70,6137 Litern, der schlesische *Scheſſel* = 76,37622 Litern, der tyroler *Staar* = 30,57754 Litern, und für Flüssigkeiten die böhmische *Pinte* = 1,911271 Litern, das mährische *Maſs* = 1,069752 Litern, die schlesische *Quart* = 0,7018478 Litern und das tyroler *Maſs* = 0,8108042 Litern.

d) Preuſsisches Maſs und Gewicht.

In den preuſsischen Staaten ist gleichfalls erst in der neuern Zeit allgemeines Maſs und Gewicht nach einer festen Normalbestimmung eingeführt worden. Es erhoben sich zwar verschiedene Stimmen gegen diese Einrichtung, weil manche Menschen sich von dem Herkömmlichen, sey es auch das Schlechtere, loszumachen zu träge sind, andere dadurch nicht selten kleine, selbst unerlaubte Vortheile einzubüſsen fürchten; allein so wie der wissenschaftlich Gebildete überall die gröſsere Bestimmtheit liebt, so muſs namentlich der Cameralist und Staatsmann es mit Vergnügen bemerken, wenn insbesondere in gröſsern Ländern die aus vielfachen und unbestimmten Maſsarten entstehenden Verwirrungen durch Einführung allgemeiner und genau regulirter Maſse und Gewichte beseitigt werden, den groſsen Vortheil nicht gerechnet, welcher dem Handel mit dem Auslande hierdurch erwächst. Man legte jedoch bei dieser Maſsregulirung nicht so, wie in Frankreich und England, ein unvergängliches Urmaſs zum Grunde, sondern bestimmte die vorhandenen und wenig abgeänderten genauer und legte zur künftigen Erhaltung derselben mit gröſster Schärfe bestimmte Normalmaſse nieder. Es versteht sich daher wohl von selbst, daſs hier nur von diesen neuen

Digitized by Google

geſetzlichen und nicht von den frühern und in manchen einzelnen Städten noch jetzt üblichen Maſsen die Rede seyn kann.

Schon 1798 wurde J. A. Eytelwein durch höhere Aufforderung veranlaſst, den genauen Inhalt der Berliner Hohlmaſse zu untersuchen, womit er dann eine Prüfung der übrigen Maſse verband[1]. Am 16. Mai 1816 erschien jedoch die Maſs- und Gewichtordnung für die preuſsischen Staaten[2], in deren Folge die genau bestimmten Maſse und Gewichte allmälig in den gesammten Provinzen des Königreichs eingeführt wurden. Indem hierdurch die geſetzlichen Gröſsen genau bestimmt sind, so geschah, wie in Paris und London, später auch das demnächst Erforderliche, nämlich daſs die ersten oder Haupt-Normalmaſse durch eine eigene Commission genau geprüft und nach §. 2 des Gesetzes bei der mathematisch-physikalischen Classe der Akademie niedergelegt wurden. Die Commission bestand aus zwei Mitgliedern der Akademie, Erman und Eytelwein, und aus drei Regierungs-Commissarien, Crelle, Pistor und Schaffrinsky[3]. Zur Prüfung diente diesen ein Meter von Platin und ein Kilogramm aus demselben Metall, durch Fortin gearbeitet und nach der Bescheinigung von Arago und A. v. Humboldt mit den Pariser Hauptnormalmaſsen völlig übereinstimmend. Die Messungen geschahen vermittelst Mikroskopen und Mikrometerschrauben, die Wägungen mit hinlänglich feinen Waagen und mit Anwendung der nöthigen Correctionen wegen der Temperatur, so daſs die begangenen Fehler nur verschwindende und der Beachtung nicht werthe Gröſsen seyn können. Die preuſsischen Bestimmungen erscheinen daher bei schärfster Prüfung von einer Genauigkeit, die der der englischen und französischen auf jeden Fall nicht nachsteht.

Als Längenmaſs ist die Norm der preuſsische oder sogenannte *rheinländische Fuſs*, welcher dem Gesetze nach 139,13 Linien der Toise von Peru betragen soll, wenn beide

---

1 Vergleichungen der in den Königl. Preuſs. Staaten eingeführten Maſse und Gewichte. Berlin 1798. 2te Aufl. Berl. 1810.

2 Gesetzsammlung d. Jahrs 1816. N. 356 u. 357.

3 Berl. Denkschr. 1825. Math. Abh. S. 1. Berl. 1828. Im kurzen Auszuge in Hertha Th. VIII. S. 10.

Digitized by Google

bis 16,25 Grade der hunderttheiligen Scale erwärmt sind. Hierdurch ist das Verhältniſs beider von selbst gegeben. Indem aber das Meter bei 0° C. 443,295936 dieser Toise, wenn letztere bis 16°,25 C. erwärmt ist, betragen soll, der preuſsische Fuſs aber seine normale Länge nur bei dieser genannten Temperatur hat, so beträgt er mit dem Meter verglichen 0,31385354275 Meter; werden aber beide von Eisen verfertigt und bei gleicher Temperatur angenommen, so beträgt er 0,3137945965 Meter. Diese letztere Bestimmung scheint mir daher zur Vergleichung beider die geeignetste zu seyn. Dieser Fuſs wird durch 2 und 4 oder auch wohl in 10 und 100 Theile getheilt, die gewöhnliche Eintheilung ist aber in 12 Zoll, jeden von 12 Linien, welche letztere wieder durch 10 und 100 getheilt werden. Die *Ruthe* besteht aus 12 dieser Fuſse und wird meistens dekadisch getheilt, die *Elle* aber hat 25,5 Zoll. Neben diesen gangbarsten Maſsen besteht beim Seewesen der *Faden* von 6 Fuſs, und beim Bergbaue das *Lachter* von 80 Zoll, welches in Achtel, jedes zu 10 *Lachterzoll*, und dann weiter der Lachterzoll in 10 *Primen*, die Prime in 10 *Secunden* getheilt wird. Indem ferner der preuſsische und französische Fuſs gleiche Abtheilungen haben, so ist für alle diese Gröſsen, den Faden und die Toise mit inbegriffen, das Verhältniſs 139,13 zu 144, deren zu addirende Logarithmen für die Verwandlung der preuſsischen Maſse in französische = 0,9850583 — 1 und umgekehrt = 0,0149417 sind. In der folgenden tabellarischen Uebersicht ist daher nur das Verhältniſs der Linien aufgenommen, weil dieses das nämliche als der Zolle und Fuſse ist.

Digitized by Google

Preuſsische und französ. Längenmaſse.

Lin.	par. Lin.	centim.	Zoll	decim.	Fuſs	Meter
1	0,9661806	0,2179	1	0,2615	1	0,3137946
2	1,9323611	0,4358	2	0,5230	2	0,6275892
3	2,8985417	0,6537	3	0,7845	3	0,9413838
4	3,8647222	0,8716	4	1,0460	4	1,2551784
5	4,8309028	1,0896	5	1,3075	5	1,5689730
6	5,7970833	1,3075	6	1,5690	6	1,8827676
7	6,7632639	1,5254	7	1,8305	7	2,1965622
8	7,7294444	1,7433	8	2,0920	8	2,5103568
9	8,6956250	1,9612	9	2,3535	9	2,8241514
10	9,6618056	2,1791	10	2,6150	10	3,1379460
11	10,6279861	2,3970	11	2,8765	11	3,4517406
12	11,5941667	2,6149	12	3,1379	12	3,7655352

Französische und preuſsische Längenmaſse.

Par. Lin.	Preuſs. Lin.	mm	Par.Lin.	ctm.	Z.	Lin.
1	1,0350032	1	0,4589	1	—	4,5890
2	2,0700065	2	0,9178	2	—	9,1780
3	3,1050097	3	1,3767	3	1	1,7669
4	4,1400129	4	1,8356	4	1	6,3559
5	5,1750162	5	2,2945	5	1	10,9449
6	6,2100194	6	2,7534	6	2	3,5339
7	7,2450226	7	3,2123	7	2	8,1229
8	8,2800259	8	3,6712	8	3	0,7119
9	9,3150291	9	4,1301	9	3	5,3008
10	10,3500323	10	4,5889	10	3	9,8898
11	11,3850356	11	5,0479	11	4	1,4788
12	12,4200388	12	5,5068	12	4	6,0678

dcm.	Fuſs	Zoll	Lin.	met.	Fuſs	met.	Fuſs
1	—	3	9,8898	1	3,186798	11	35,054778
2	—	7	7,7796	2	6,373596	12	38,241576
3	—	11	5,6694	3	9,560394	13	41,428374
4	1	3	3,5593	4	12,747192	14	44,615172
5	1	7	1,4491	5	15,933990	15	47,801970
6	1	10	11,3389	6	19,120788	16	50,988768
7	2	2	9,2287	7	22,307586	17	54,175566
8	2	6	7,1185	8	25,494384	18	57,362364
9	2	10	5,0083	9	28,681182	19	60,549162
10	3	2	2,8982	10	31,867980	20	63,735960

Digitized by Google

Zu Flächenmaſsen dienen die sämmtlichen Längenmaſse quadrirt; besonders bemerkenswerth unter diesen ist aber nur das Maſs der Ländereien, wobei der *Morgen* von 180 Quadratruthen als Normalgröſse gilt. Mit dem neufranzösischen verglichen beträgt die Quadratruthe 14,18459 Quadratmeter und also der Morgen 25,53226 Aren. Ebenso dienen die auf den Kubus erhobenen Längenmaſse zum Ausmessen des körperlichen Inhalts. Bemerkenswerth hierunter ist die sogenannte *Kubik-Klafter*, eigentlich nur eine halbe kubirte Klafter von 108 Kubikfuſs, nämlich ein Volumen von 6 F. Länge, 6 F. Breite und 3 F. Höhe, welches als Maſs für Brennholz, Torf, Steine u. s. w. gilt und 3,3389 Kubikmetern oder Steren gleicht. Es wird genügen, bloſs eine vergleichende Uebersicht der Feldmaſse mitzutheilen.

Preuſsisches und Französisches Feldmaſs.

Morg.	Aren	Aren	Quadr.-Ruth.	Hka.	Morgen
1	25,53226	1	7,0499	1	3,9166
2	51,06452	2	14,0998	2	7,8332
3	76,59678	3	21,1497	3	11,7498
4	102,1290	4	28,1996	4	15,6665
5	127,6613	5	35,2495	5	19,5831
6	153,1936	6	42,2994	6	23,4997
7	178,7258	7	49,3493	7	27,4163
8	204,2581	8	56,3992	8	31,3329
9	229,7903	9	63,4491	9	35,2495
10	255,3226	10	70,4990	10	39,1661

Die Einheit des preuſsischen Gewichts ist das Pfund, welches der Verordnung nach dem Gewichte des 66sten Theiles eines preuſsischen Kubikfuſses Wasser bei 15° R. gleich seyn soll. Aus dem Verhältnisse des preuſsischen Kubikfuſses zum Kubikmeter und mit Zugrundlegung des Ausdehnungs-Coefficienten der Luft durch Wärme nach Gay-Lussac, des spec. Gewichts der Luft nach Biot und der Dichtigkeit des Wassers bei verschiedenen Temperaturen nach den Versuchen von Gilpin und Blagden, endlich das Gewicht eines Liters Wasser im Puncte seiner gröſsten Dichtigkeit im

luſtleeren Raume = 1000 Grammen gesetzt[1], findet Eytelwein das preuſsische Pfund = 467,711012733 Grammen. Vermittelst eines messingnen und des oben erwähnten Kilogrammes von Platin, beide durch Fortin genau gearbeitet und völlig übereinstimmend, wurden durch die oben genannte Commission die Hauptnormalpfunde aus Messing, cylindrisch geformt, vergoldet, mit einem Knopfe und einem neben diesem eingelassenen Drahte von Platin zum Behuf der genauesten Berichtigung abgewogen und im Archive der Akademie niedergelegt. Es geht aus dieser Bestimmung von selbst hervor, daſs der preuſsische Kubikfuſs Wasser bei 15° R. genau 66 ℔. wiegt. Das so bestimmte Pfund wird dann in 32 *Lothe*, jedes zu 4 *Quentchen*, getheilt, ferner machen 110 Pfunde 1 *Centner* und 4000 eine *Schiffslast*.

Das hier bezeichnete Pfund ist das sogenannte *Handelsgewicht*. Auſserdem hat man das *Markgewicht*, welches für das Wägen des Goldes und Silbers gebraucht wird und daher auch *Münzgewicht* heiſst. Die Mark ist genau dem halben Pfunde des Handelsgewichts, also 233,8555063665 Grammen gleich und wird in 288 *Grän* getheilt. Das Medicinal- oder Apothekergewicht wird, wie gewöhnlich, in 12 Unzen, die Unze in 8 Drachmen, die Drachme in 3 Scrupel, das Scrupel in 20 Gran getheilt. Da die Unze genau 2 Lothen des Handelsgewichts, das Pfund also 24 Lothen oder 350,783259569 Grammen gleicht, so gilt hiernach in den preuſsischen Staaten eigentlich sehr zweckmäſsig nur einerlei Gewicht, jedoch mit verschiedenen Unterabtheilungen.

---

1 Die Art solcher Wägungen und die dabei in Rechnung zu nehmenden Gröſsen finden sich bereits im Artikel *Gewicht* angegeben.

Preuſsiches Apotheker- und metrisches Gewicht.

Gr.	Gram.	Gr.	Gram.	Dr.	Gram.	Unz.	Gram.
1	0,060900	14	0,852599	5	18,269961	11	321,5513
2	0,121800	15	0,913498	6	21,923954	12	350,7833
3	0,182700	16	0,974398	7	25,577946	Pfd.	Kilog.
4	0,243600	17	1,035298	Unz.	29,231938	1	0,350783
5	0,304500	18	1,096198	2	58,463877	2	0,701567
6	0,365400	19	1,157098	3	87,695815	3	1,052350
7	0,426300	Scr.	1,217998	4	116,92775	4	1,403133
8	0,487199	2	2,435995	5	146,15969	5	1,753916
9	0,548099	3	3,653992	6	175,39163	6	2,104699
10	0,608999	Dr.	3,653992	7	204,62357	7	2,455482
11	0,669899	2	7,307985	8	233,85551	8	2,806266
12	0,730799	3	10,961977	9	263,08744	9	3,157049
13	0,791699	4	14,615969	10	292,31938	10	3,507833

Preuſsiches Handels- und metrisches Gewicht.

Lt.	Gram.	Lt.	Gram.	Lt.	Gram.	℔	Kilog.
1	14,6160	12	175,3916	23	336,1673	1	0,467711
2	29,2319	13	190,0076	24	350,7833	2	0,935422
3	43,8479	14	204,6236	25	365,3992	3	1,403133
4	58,4639	15	219,2395	26	380,0152	4	1,870844
5	73,0798	16	233,8555	27	394,6312	5	2,338555
6	87,6958	17	248,4715	28	409,2471	6	2,806266
7	102,3118	18	263,0874	29	423,8631	7	3,273977
8	116,9278	19	277,7034	30	438,4791	8	3,741688
9	131,5437	20	292,3194	31	453,0950	9	4,209399
10	146,1597	21	306,9354	32	467,7110	10	4,677110
11	160,7757	22	321,5519	℔.	467,7110	11	5,144821

Digitized by Google

Metriſches und preuſsiſches Apotheker-Gewicht.

mg.	Gran	ctg.	Gran	dcg.	Gran	gr.	Dr.	Sc.	Gran
1	0,0164	1	0,1642	1	1,6420	1	—	—	16,4204
2	0,0328	2	0,3284	2	3,2841	2	—	1	12,8408
3	0,0493	3	0,4926	3	4,9261	3	—	2	9,2612
4	0,0657	4	0,6568	4	6,5681	4	1	—	5,6816
5	0,0821	5	0,8210	5	8,2102	5	1	1	2,1020
6	0,0985	6	0,9852	6	9,8522	6	1	1	18,5224
7	0,1149	7	1,1494	7	11,449	7	1	2	14,9428
8	0,1314	8	1,3136	8	13,136	8	2	—	11,3632
9	0,1478	9	1,4778	9	14,778	9	2	1	7,7836

Dkg.	Un.	Dr.	Sc.	Gran	Hkg.	℔.	Un.	Dr.	Sc.	Gran.	Klg.	Pfund
1	—	2	2	4,2040	1	—	3	3	1	2,0396	1	2,85076
2	—	5	1	8,4080	2	—	6	6	2	4,0792	2	5,70153
3	1	—	—	12,6119	3	—	10	2	—	6,1188	3	8,85229
4	1	2	2	16,8158	4	1	1	5	1	8,1584	4	11,40305
5	1	5	2	1,0198	5	1	5	—	2	10,1980	5	14,25382
6	2	—	1	5,2238	6	1	8	4	—	12,2375	6	17,10458
7	2	3	—	9,4277	7	1	11	7	1	14,2771	7	19,95534
8	2	5	2	13,6317	8	2	3	2	2	16,3167	8	22,80610
9	3	—	1	17,8356	9	2	6	6	—	18,3563	9	25,65687
10	3	3	1	2,0396	10	2	10	1	2	0,3959	10	28,50763

Metriſches und preuſsiſches Handelsgewicht.

Gr.	Loth	Dkg.	Loth	Hkt.	℔.	Loth	Klg.	Pfund
1	0,0684	1	0,6842	1	—	6,8418	1	2,13807
2	0,1368	2	1,3684	2	—	13,6837	2	4,27614
3	0,2053	3	2,0525	3	—	20,5255	3	6,41422
4	0,2737	4	2,7367	4	—	27,3673	4	8,55229
5	0,3421	5	3,4209	5	1	2,2092	5	10,69036
6	0,4105	6	4,1051	6	1	9,0510	6	12,82843
7	0,4789	7	4,7893	7	1	15,8928	7	14,96651
8	0,5473	8	5,4735	8	1	22,7347	8	17,10458
9	0,6158	9	6,1576	9	1	29,5765	9	19,24265
10	0,6842	10	6,8418	10	2	4,4183	10	21,38072

Digitized by Google

Das Normalmaſs für Flüssigkeiten in den preuſsischen Staaten ist die *Quart*, welche gesetzlich 64 preuſs. Kubikzoll destillirten Wassers bei 13° R. enthalten soll, dessen Gewicht mit messingnen Gewichten bei 27 pr. Zoll 10 Lin. Barometerstand in der Luft gewogen 78,174801 Loth beträgt. Die 64 preuſs. Kubikzoll betragen 57,724 pariser und gleichen also 1,145 Litern. Beim Messen des Weines geben dann 30 solcher Quarte 1 *Anker*, 2 Anker 1 *Eimer*, 2 Eimer 1 *Ohm* und 1,5 Ohm 1 *Oxhoft;* beim Biere dagegen geben 100 Quart 1 *Tonne*, 2 Tonnen 1 *Faſs*, 2 Faſs 1 *Kufe*, deren 9 auf ein Gebräue gerechnet werden. Hieraus ergiebt sich die folgende, bloſs auf Weinmaſs beschränkte Uebersicht.

Preuſsisches und metrisches Flüssigkeitsmaſs.

Qt.	Liter	Qt.	Liter	Qt.	Liter	Ox.	Kilolit.
1	1,1450	12	13,740	23	26,336	1	0,2061063
2	2,2901	13	14,885	24	27,481	2	0,4122126
3	3,4351	14	16,030	25	28,626	3	0,6183189
4	4,5801	15	17,176	26	29,771	4	0,8244252
5	5,7252	16	18,321	27	30,916	5	1,0305315
6	6,8702	17	19,466	28	32,061	6	1,2366378
7	8,0152	18	20,601	29	33,206	7	1,4427441
8	9,1603	19	21,756	An.	34,351	8	1,6488504
9	10,3053	20	22,901	Ei.	68,702	9	1,8549567
10	11,4504	21	24,046	Oh.	137,404	10	2,0610630
11	12,5954	22	25,191	Ox.	206,106	11	2,2671693

Metrisches und preuſsisches Flüssigkeitsmaſs.

Dkl.	Quart	Lit.	Quart	Dkl.	Eim.	Ank.	Quart
1	0,0873	1	0,8733	1	—	—	8,733
2	0,1746	2	1,7467	2	—	—	17,467
3	0,2620	3	2,6200	3	—	—	26,200
4	0,3493	4	3,4933	4	—	1	4,933
5	0,4367	5	4,3667	5	—	1	13,667
6	0,5240	6	5,2400	6	—	1	22,400
7	0,6113	7	6,1133	7	1	—	1,133
8	0,6987	8	6,9867	8	1	—	9,867
9	0,7860	9	7,8600	9	1	—	18,600
10	0,8733	10	8,7334	10	1	—	27,334

Digitized by Google

Hkl.	Ox.	Oh.	Ei.	An.	Quart	Kll.	Ox.	Oh.	Ei.	An.	Quart	Kll.	Oxhoft
1	—	—	1	—	27,33	1	4	1	—	1	3,33	1	4,85185
2	—	1	—	1	24,67	2	9	1	—	—	6,67	2	9,70371
3	1	—	1	—	22,00	3	14	—	1	1	10,01	3	14,55556
4	1	1	—	1	19,33	4	19	—	1	—	13,34	4	19,40741
5	2	—	1	—	16,67	5	24	—	—	1	16,67	5	24,25926
6	2	1	—	1	14,00	6	29	—	—	—	20,01	6	29,11112
7	3	—	1	—	11,33	7	33	1	—	1	23,25	7	33,96297
8	3	1	—	1	8,67	8	38	1	—	—	26,68	8	38,81482
9	4	—	1	—	6,00	9	43	1	—	—	0,02	9	43,66668

Das Grundmaſs für trockene Substanzen ist der *Scheffel*, welcher nach der Verordnung einen Inhalt von 3072 preuſs. Kubikzoll haben soll und also 117 ℔. 8,366 Loth reines Wasser bei 13° R. wiegt. Völlig genaue Mustermaſse, sowohl des Quarts als auch des Scheffels, wurden durch die oben erwähnten Commissarien geprüft, gestempelt und in dem Archive der Königlichen Akademie niedergelegt. Die 3072 preuſs. Kubikzoll betragen 2770,742 pariser; der Scheffel enthält also 54,9614999606... Liter und wird in 16 Metzen, jede zu 3 Quart, getheilt. Eine Theilung der Metze sowohl als auch des Scheffels durch 2 oder 3 und 4 u. s. w. findet wegen dieser leichten Zahlenverhältnisse gleichfalls statt. Hieraus ergiebt sich die nachfolgende Uebersicht, wobei zu bemerken, daſs für Körner in der Regel nur nach Scheffeln gerechnet wird, bei andern trocknen Substanzen aber 4 Scheffel eine *Tonne* geben, auſser bei Leinsamen, wovon die Tonne nur 37,66 Metzen beträgt.

Preuſsisches und metrisches Trockenmaſs.

Qt.	Liter	Mtz.	Liter	Sch.	Liter	Ton.	Kilol.
1	1,1450	7	24,0457	1	54,9615	1	0,2198460
2	2,2901	8	27,4807	2	109,9230	2	0,4396920
3	3,4351	9	30,9158	3	164,8845	3	0,6595380
Mtz.	3,4351	10	34,3509	4	219,8460	4	0,8793840
2	6,8702	11	37,7860	5	274,8075	5	1,0992300
3	10,3053	12	41,2211	6	329,7690	6	1,3190760
4	13,7404	13	44,6562	7	384,7305	7	1,5389220
5	17,1755	14	48,0913	8	439,6920	8	1,7587680
6	20,6106	15	51,5264	9	494,6535	9	1,9786140

Digitized by Google

Französische metrische und preuſsische Trockenmaſse.

Lit.	Metzen	Dkl.	Sch.	Metzen	Hkl.	Sch.	Metzen
1	0,29111	1	—	2,9111	1	1	13,1113
2	0,58223	2	—	5,8223	2	3	10,2226
3	0,87334	3	—	8,7334	3	5	7,3339
4	1,16445	4	—	11,6445	4	7	4,4451
5	1,45556	5	—	14,5556	5	9	1,5564
6	1,74668	6	1	1,4668	6	10	14,6677
7	2,03779	7	1	4,3779	7	12	11,7790
8	2,32890	8	1	7,2890	8	14	8,8902
9	2,62001	9	1	10,2001	9	16	6,1129

Kll.	Sch.	Metzen	Kll.	To.	Sch.	Metzen
1	18	3,1129	1	4	2	3,1129
2	36	6,2257	2	9	—	6,2257
3	54	9,3386	3	13	2	9,3386
4	72	12,4515	4	18	—	12,4515
5	90	15,5643	5	22	2	15,5643
6	109	2,6772	6	27	1	2,6772
7	127	5,7901	7	31	3	5,7901
8	145	8,9029	8	36	1	8,9029
9	163	12,0158	9	40	3	12,0158

e) Schwedisches Maſs und Gewicht.

Schweden hat ein sehr genau bestimmtes Maſs- und Gewichtsystem, ohne daſs dasselbe jedoch auf ein unveränderliches Urmaſs, wie dieses bloſs in England und Frankreich der Fall ist, gegründet wurde, vielmehr behielt man die althergebrachten Normen bei, bestimmte aber ihre eigentliche Gröſse und sicherte deren Unveränderlichkeit durch genaue Normalmuster[1]. Als Fundamentalgröſse ist der schwedische Faden, *fämn*, zu betrachten, welchen daher Eckström mit

1 Stockholmer Denkschr. 1825. S. 1. Daraus in Journ. of the Royal Inst. XLIII. p. 164. Nach einem Vorschlage der Finanzkammer wurde im Jan. 1833. durch die Societät beschlossen, eine Revision der vorhandenen Normalmaſse und Gewichte durch Sachverständige vornehmen und, wo nöthig, genaue neue machen zu lassen. L'Institut 1834. N. 37.

Digitized by Google

der franzöſischen Toiſe verglich und 1 T = 1,0941 ſamn fand. Auf königlichen Befehl wurde im Jahre 1824 eine allgemeine Reviſion der ſämmtlichen Maſse und Gewichte durch Svanberg und Cronstrand vorgenommen. Sie fanden nach dem von Eckström herrührenden Normal-Exemplare der Elle des königl. Meſs-Collegiums 1 Zoll des engliſchen Parlaments-Maſsſtabes = 0,85551125 ſchwediſche Decimalzolle, wonach alſo 1 Fathom des Parlaments-Maſsſtabes 1,0266135 *famn*, 1 Toiſe 1,0941287 *famn*, 1 Meter 33,682133 ſchwediſche Decimalzolle betragen würde. Es ſchien ihnen jedoch beſser, die einmal durch Eckström angenommene Beſtimmung beizu behalten und hiernach die geſetzlichen Normen der ſchwediſchen Maſse für die Zukunft bleibend feſtzuſetzen. Hiernach iſt alſo 1 Fathom des engliſchen Parlamentsmaſses = 1,0265866 *famn*, 1 Toiſe = 1,0941 *famn*, 1 Meter = 33,681256 ſchwediſche Decimalzoll, die Länge des einfachen Secundenpendels für den 45ſten Grad der Breite im Spiegel des Meeres und auf den luftleeren Raum reducirt = 33,505574 ſchwediſche Decimalzolle und der Fallraum in 1 Sexegeſimalſecunde = 16,53434 ſchwediſche Fuſs. Der *Famn* (Faden), enthält nach der gewöhnlichen Abtheilung 6 *Fot* (Fuſs), der *Fot* wird bei Rechnungen in 10 Decimal-*Tum* (Zolle), der Zoll in 10 *Linier* (Linien) getheilt; die gangbare Eintheilung aber iſt die duodekadiſche, wonach der Fuſs in 12 *Verthum* (Duodecimalzolle), der Zoll in 12 *Linier* getheilt wird, und wenn von *Thum* oder *Tum* im Allgemeinen die Rede iſt, ſo verſteht man darunter Duodecimal-Zolle. Daneben beſteht die *Aln* (Elle) von 2 *Fot*, 4 *Qvarter* und 24 *Verthum* oder auch 20 *Decimaltum* und 200 (Decimal) *Linier*. Die Abtheilung des den übrigen Maſsen zum Grunde liegenden Längenmaſses iſt alſo einfach 1 *Famn* = 3 *Alnar* = 6 *Fot* = 60 *Decimaltum* oder = 72 *Verthum*. Hieraus ergiebt ſich die nachfolgende Reduction auf metriſches Maſs und umgekehrt, worin jedoch am ſchicklichſten die in Rechnungen gebräuchliche Decimal-Eintheilung angenommen wird. Weil aber bei beiden verglichenen Gröſsen dieſe Decimal-Eintheilung üblich iſt, ſo genügt es, nur die Fuſse zu vergleichen, indem für die Zolle und Linien die nämlichen Gröſsen mit verändertem dekadiſchem Werthe der Zahlengröſsen gelten, für die ſchwediſchen *Famns* und die Toiſen findet

aber das nämliche Verhältniſs, als für den fot und den Fuſs statt, weil beide in 6 Theile getheilt werden.

Schwedische und metrische Längenmaſse.

Fot	par. Fuſs	Meter	Fuſs	Fot	Met.	Fot
1	0,913993	0,296901	1	1,0941	1	3,36813
2	1,827986	0,593802	2	2,1882	2	6,73625
3	2,741980	0,890703	3	3,2823	3	10,10438
4	3,655973	1,187604	4	4,3764	4	13,47250
5	4,569966	1,484505	5	5,4705	5	16,84063
6	5,483959	1,781406	6	6,5646	6	20,20875
7	6,397953	2,078307	7	7,6587	7	23,57688
8	7,311946	2,375208	8	8,7528	8	26,94500
9	8,225939	2,672109	9	9,8469	9	30,31313

Die Einheit des Gewichts in Schweden ist das *Skalpund* (Handelspfund), welches in 32 *Lod* (Loth), jedes zu 4 *Qvintin*, getheilt wird. Svanberg und Cronstrand fanden bei ihrer Abwägung des vorhandenen Normalstückes dessen Gewicht gleich 0,8682436 englischen Troy-Pfunden und 425,0104 Grammen. Es gehn dann ferner 20 *Skalpund* auf ein *Lispund* und 20 *Lispund* auf 1 *Skeppund*, wonach folgende Tabelle berechnet ist[1].

1 Früher war, und ist ohne Zweifel noch jetzt, in Schweden neben diesem Handelspfunde auch das Apothekergewicht üblich, vergl. Ann. of Phil. I. p. 457., allein es scheint mir um so weniger nöthig, hierauf Rücksicht zu nehmen, da die schwedischen Gelehrten bei ihren Untersuchungen sich in der Regel des metrischen Gewichts bedienen.

Digitized by Google

Schwediſches Handels- und metriſches Gewicht.

Qvi.	Gram.	Lot	Gram.	℔.	Kilogr.	L. p.	Gram.
1	3,32039	18	239,0683	6	2,550062	8	68,00166
2	6,64079	19	252,3499	7	2,975073	9	76,50187
3	9,96118	20	265,6315	8	3,400083	10	85,00208
4	13,28157	21	278,9131	9	3,825094	11	93,50229
Lot.	13,28157	22	292,1946	10	4,250104	12	102,0025
2	26,56315	23	305,4762	11	4,675114	13	110,5027
3	39,84473	24	318,7578	12	5,100125	14	119,0029
4	53,12630	25	332,0394	13	5,525135	15	127,5031
5	66,40787	26	345,3209	14	5,950146	16	136,0033
6	79,68945	27	358,6025	15	6,375156	17	144,5035
7	92,97102	28	371,8841	16	6,800166	18	153,0037
8	106,2526	29	385,1657	17	7,225177	19	161,5039
9	119,5342	30	398,4472	18	7,650187	Sk.p.	170,0042
10	132,8157	31	411,7288	19	8,075198	2	340,0083
11	146,0973	32	425,0104	L. p.	8,500208	3	510,0125
12	159,3789	℔.	Kilogr.	2	17,00021	4	680,0166
13	172,6605	1	0,425010	3	25,50062	5	850,0208
14	185,9420	2	0,850021	4	34,00083	6	1020,025
15	199,2236	3	1,275031	5	42,50104	7	1190,029
16	212,5052	4	1,700042	6	51,00125	8	1360,033
17	225,7868	5	2,125052	7	59,50146	9	1530,042

Metriſches und ſchwediſches Handelsgewicht.

Gr.	Qvintin	Dkg.	Lot.	Qvint.	Hkt.	℔.	Lt.	Quint.
1	0,30117	1	—	3,01169	1	—	7	2,11691
2	0,60234	2	1	2,02338	2	—	15	0,23382
3	0,90351	3	2	1,03507	3	—	22	2,35073
4	1,20468	4	3	0,04676	4	—	30	0,46764
5	1,50585	5	3	3,05845	5	1	5	2,58455
6	1,80701	6	4	2,07015	6	1	13	0,70146
7	2,10818	7	5	1,08184	7	1	20	2,81837
8	2,40935	8	6	0,09353	8	1	28	0,93528
9	2,71052	9	6	3,10522	9	2	3	3,05219

Digitized by Google

Klg.	℔.	Lt.	Qvint.	Klg.	Skalpund
1	2	11	1,1691	1	2,352814
2	4	22	2,3382	2	4,705628
3	7	1	3,5073	3	7,058442
4	9	13	0,6764	4	9,411256
5	11	24	1,8455	5	11,764070
6	14	3	3,0146	6	14,116884
7	16	15	0,1837	7	16,469698
8	18	26	1,3528	8	18,822512
9	21	5	2,5219	9	21,175326
10	23	16	3,6910	10	23,528140

Für das Messen der Flüssigkeiten und trockner Substanzen dient als Grundeinheit die *Kanna,* welche nach der gesetzlichen Bestimmung 100 Decimaltum (Decimalzolle) enthalten soll. Bei der Prüfung fanden Svanberg und Cronstrand das Gewicht von 100 Decimaltum reinen Wassers bei 16°,667 C. im luftleeren Raume gewogen =6,151951 schwedische Pfd., und da ein schwed. Pfund 0,4250104 Kilolitern gleichkommt, so beträgt die Kanne 2,6146406945 Liter, welche durch Multiplication mit 1,00103205 auf den Punct der gröſsten Dichtigkeit des Wassers reducirt 2,61733914 Liter betragen, wofür gewöhnlich 2,62 Liter gesetzt werden[1]. Als Unterabtheilungen hat die *Kanna* 2 *Stop,* das *Stop* 4 *Quarter,* das *Quarter* 4 *Jungfrur,* aufwärts aber geben 15 *Kannor* 1 *Ankar* und 4 *Ankar* 1 *Am* für Flüssigkeiten, für trockne Sachen aber geben 1,75 *Kanna* 1 *Kappa,* und dann 32 *Kappar* die kleine, 36 *Kappar* die groſse *Tunna.* Beim Messen der Kohlen ist gebräuchlich die *Last* zu 12 *Tunnor* von 36 *Kappar.* Endlich sind die üblichen Maſse für Holz 1 *Fammar* = 9,19 Kubikellen = 1,92 Kubikmeter und 1 *Stafrum* = 33,75 Kubikellen = 6,48 Kubikmeter.

---

1 Ann. des Mines XII. p. 336. Die an dieser Stelle mitgetheilten Angaben der schwedischen Maſse und Gewichte weichen etwas, aber nicht merklich, von den hier aufgenommenen ab.

Digitized by Google

Schwedische und metrische Flüssigkeitsmaſse.

Igfr.	Liter	Kan.	Liter	Kan.	Liter	Am.	Kiloliter
1	0,08179	1	2,61734	10	26,17339	1	0,1570403
2	0,16358	2	5,23468	11	28,79073	2	0,3140807
3	0,24538	3	7,85202	12	31,40807	3	0,4711210
Qv.	0,32717	4	10,46936	13	34,02541	4	0,6281614
2	0,65433	5	13,08669	14	36,64275	5	0,7252017
3	0,98150	6	15,70403	Ank.	39,26009	6	0,9422421
St.	1,30867	7	18,32137	2	78,52017	7	1,0992824
2	2,61734	8	20,93871	3	117,7803	8	1,2563228
		9	23,55605	4	157,0403	9	1,4133631

Schwedische und metrische Trockenmaſse.

Kap.	Liter	Kap.	Liter	Kap.	Liter	Kap.	Kilol.
1	4,5803	11	50,3838	21	96,1872	31	0,1419906
2	9,1607	12	54,9641	22	100,7676	Tun.	0,1465710
3	13,7410	13	59,5445	23	105,3479	2	0,2931420
4	18,3214	14	64,1248	24	109,9282	3	0,4397130
5	22,9017	15	68,7052	25	114,5086	4	0,5862840
6	27,4821	16	73,2855	26	119,0889	5	0,7328550
7	32,0624	17	77,8658	27	123,6693	6	0,8794260
8	36,6427	18	82,4462	28	128,2496	7	1,0259969
9	41,2231	19	87,0265	29	132,8300	8	1,1725679
10	45,8034	20	91,6069	30	137,4103	9	1,3191389

Metrische und schwedische Hohlmaſse.

Lit.	Kannor	Dkl.	Ank.	Kannor	Hkl.	Am.	Ank.	Kannor
1	0,3821	1	—	3,8207	1	—	2	8,2067
2	0,7641	2	—	7,6413	2	1	1	1,4135
3	1,1462	3	—	11,4620	3	1	3	9,6202
4	1,5283	4	1	0,2827	4	2	2	2,8270
5	1,9103	5	1	4,1034	5	3	—	11,0337
6	2,2924	6	1	7,9240	6	3	3	4,2404
7	2,6745	7	1	11,7447	7	4	1	12,4472
8	3,0565	8	2	0,5654	8	5	—	5,6539
9	3,4386	9	2	4,3861	9	5	2	11,0674

Digitized by Google

Kil.	Am	Ank.	Kannor	Kil.	Am	Kil.	Tunnor
1	6	1	7,0674	1	6,36779	1	6,82263
2	12	2	14,1348	2	12,73558	2	13,64526
3	19	—	6,2022	3	19,10337	3	20,46790
4	25	1	13,2697	4	25,47116	4	27,29053
5	31	3	5,3371	5	31,83895	5	34,11316
6	38	—	12,4045	6	38,20674	6	40,93579
7	44	2	4,4719	7	44,57453	7	47,75843
8	50	3	11,5393	8	50,94232	8	54,58106
9	57	1	3,6067	9	57,31011	9	61,40369

f) Dänisches Maſs und Gewicht.

Unter die am frühesten regulirten Maſssysteme gehört das dänische. Auf Antrieb des bekannten Olaus Römer gab nämlich Christian V. am 1. Mai 1683 eine Verordnung, worin festgesetzt wurde, daſs ein bestimmt angegebenes Maſs in beiden Königreichen, Dänemark und Norwegen, gelten solle. Diese Verordnung wurde durch eine zweite vom 10. Januar 1698 erneuert und näher bestimmt. In der neuern Zeit ging Thom. Bugge bei Gelegenheit der französischen Maſsregulirung nach Paris, war eines der auswärtigen Mitglieder der hierzu ernannten Commission, wie bereits oben (unter a) erwähnt wurde, verschaffte sich dann genaue Muster des Meters und des Kilogramms und verglich hiermit die in Kopenhagen befindlichen Normalmaſse. Die Einheit des Längenmaſses ist hiernach die *Elle*, welche 2 Fuſs, jeden zu 12 Zoll, den Zoll zu 12 Linien enthält, die gemeine Eintheilung in halbe, Viertel und Achtel nicht gerechnet. Drei solcher Ellen geben den *Faden* und 5 die *Ruthe*. Der *Fuſs* soll der rheinische seyn, aber man weiſs, daſs dessen Gröſse nicht überall gleich ist. Bugge setzt ihn daher 139,027 par. Linien gleich, man darf sich indeſs sicher auf die bewährte Genauigkeit von Chelius[1] verlassen, welcher nach dem Original-Etalon der Elle

1 Maſs- und Gewichtsbuch. Frankf. 1830. S. 215. Dort ist die bedeutendste Quelle, nämlich Bugge Reise nach Paris in den Jahren 1798 u. 99. Ueb. von Tilemann. Kopenh. 1801. 8., benutzt, weswegen ich ihm hier ausschlieſslich folge. Es ist merkwürdig, daſs diese wirkliche Gröſse des dänischen Fuſses so genau mit derjenigen übereinstimmt, welche Hansteen aus der Pendellänge abgeleitet in Vor-

Digitized by Google

auf dem Rathhause in Kopenhagen denselben = 139,09 par. Linien oder 313,76 Millimeter setzt. Hieraus folgt die nachstehende Vergleichung, wobei zu berücksichtigen ist, daſs zwischen dänischen und pariser Linien, Zollen, Fuſsen und Faden bei gleicher zwölftheiliger Eintheilung das nämliche Verhältniſs statt findet.

Dänisches und französisches Längenmaſs.

Lin.	par. Lin.	Millim.	Zoll	Millim.	Fuſs	Meter
1	0,965903	2,1789	1	26,1467	1	0,31376
2	1,931806	4,3578	2	52,2933	2	0,62752
3	2,897708	6,5367	3	78,4400	3	0,94128
4	3,863611	8,7156	4	104,5867	4	1,25504
5	4,829513	10,8944	5	130,7333	5	1,56880
6	5,795417	13,0733	6	156,8800	6	1,88256
7	6,761319	15,2522	7	183,0267	7	2,19632
8	7,727222	17,4311	8	209,1733	8	2,51008
9	8,693125	19,6100	9	235,3200	9	2,82384
10	9,659028	21,7889	10	261,4667	10	3,13760
11	10,624930	23,9678	11	287,6133	11	3,45136
12	11,590833	26,1467	12	313,7600	12	3,76512

Französisches und dänisches Längenmaſs.

Par.	dän. Fuſs	Mm.	Linien	Cm.	Zoll	Linien
1	1,035301	1	0,45895	1	—	4,58949
2	2,070602	2	0,91790	2	—	9,17899
3	3,105903	3	1,37685	3	1	1,76849
4	4,141204	4	1,83580	4	1	6,35798
5	5,176504	5	2,29475	5	1	10,94748
6	6,211805	6	2,75370	6	2	3,53697
7	7,247106	7	3,21265	7	2	8,12647
8	8,282407	8	3,67160	8	3	0,71596
9	9,317708	9	4,13055	9	3	5,30546
10	10,35301	10	4,58950	10	3	9,89495
11	11,38831	11	5,04844	11	4	2,48445
12	12,42361	12	5,50739	12	4	7,07394

schlag bringt, nämlich 139,0808 par. Lin. S. Magazin for Naturvidenskaberne 1828. H. 4. p. 175.

Dcm.	Fuſs	Zoll	Linien	Met.	Fuſs	Met.	Fuſs
1	—	3	9,89495	1	3,18715	11	35,05864
2	—	7	7,78990	2	6,37430	12	38,24579
3	—	11	5,68485	3	9,56145	13	41,43294
4	1	3	3,57980	4	12,74860	14	44,62009
5	1	7	1,47476	5	15,93575	15	47,80724
6	1	10	11,36971	6	19,12290	16	50,99439
7	2	2	9,26466	7	22,31005	17	54,18154
8	2	6	7,15961	8	25,49720	18	57,36869
9	2	10	5,05456	9	28,68434	19	60,55584
10	3	2	2,94952	10	31,87149	20	63,74299

Die Einheit des Gewichts ist in Dänemark gleichfalls das *Pfund*, welches, wie gewöhnlich, in 32 *Loth*, jedes zu 4 Quint, getheilt wird. Dann geht die Unterabtheilung aber weiter, indem das Quint in 4 *Ort* (altsächsischer Ausdruck für Viertel) oder *Pfennige*, jeden zu 16 *Es*, das Es zu 8 Gran getheilt wird, so daſs also das Pfund 65536 Gran enthält oder so viele, als die Cölnische Mark Richtpfennigtheile. Solcher Pfunde machen 100 einen *Centner*, üblicher aber ist die Rechnung nach *Liespfund* zu 16 Handelspfund und nach *Schiffspfund* zu 20 Liespfund. Dem Gesetze nach soll das Pfund so viel wiegen als der 62ste Theil eines dänischen Kubikfuſses Wasser, welches nach Bugge 499,26 Gramme beträgt[1]. Neben diesem besteht das *Pfund Silbergewicht* mit einer gleichen Unterabtheilung, wovon 17 so viel als 16 ℔. Handelsgewicht betragen und welches also 469,89 Gramme wiegt. Das *Medicinal-Gewicht* soll das Nürnberger seyn; es verhält sich indeſs zum Handelspfunde wie 0,7184008 : 1 und würde hiernach also 357,66878 Grammen gleichen. Die nachfolgende Vergleichung bezieht sich bloſs auf das Handelspfund, da ohnehin unten noch einmal von den verschiedenen Medicinalgewichten die Rede seyn wird.

1 Nach Hansteen a. a. O. würde die Gröſse desselben genau = 498,1137 Grammen oder 7690,835 engl. Grains seyn. Der nicht sehr bedeutende Unterschied verschwindet fast ganz, wenn man berücksichtigt, daſs Hansteen den Fuſs etwas geringer annimmt, wonach also der 62ste Theil eines Kubikfuſses Wasser gleichfalls geringer ausfallen muſs. Das in Dänemark und Norwegen wirklich gebräuchliche Pfund gleicht indeſs nach Hansteen 499,3 Grammen.

Digitized by Google

Dänisches und metrisches Gewicht.

Gr.	Millig.	Qt.	Gramm.	Lt.	Gramm.	Lisp.	Kilogramm.
1	7,6181	1	3,90046	26	405,6487	5	39,94080
2	15,2362	2	7,80094	27	421,2506	6	47,92896
3	22,8543	3	11,70141	28	436,8525	7	55,91712
4	30,4724	Lt.	15,60188	29	452,4544	8	63,90528
5	38,0905	2	31,20375	30	468,0562	9	71,89344
6	45,7086	3	46,80563	31	483,6581	10	79,88160
7	53,3267	4	62,40750	32	499,2600	11	87,86976
Es	60,9448	5	78,00938	℔.	Kilogr.	12	95,85792
2	121,8896	6	93,61125	1	0,499260	13	103,8461
3	182,8345	7	109,2131	2	0,998520	14	111,8342
4	243,7793	8	124,8150	3	1,497780	15	119,8224
5	304,7241	9	140,4169	4	1,997040	16	127,8106
6	365,6689	10	156,0187	5	2,496300	17	135,7987
7	426,6138	11	171,6206	6	2,995560	18	143,7869
8	487,5586	12	187,2225	7	3,494820	19	151,7750
9	548,5034	13	202,8244	8	3,994080	20	159,7632
10	609,4482	14	218,4262	9	4,493340	Sch. ℔.	159,7632
11	670,3931	15	234,0281	10	4,992600	2	319,5264
12	731,3379	16	249,6300	11	5,491860	3	479,2896
13	792,2827	17	265,2319	12	5,991120	4	639,0528
14	853,2275	18	280,8337	13	6,490380	5	798,8160
15	914,1724	19	296,4356	14	6,989640	6	958,5792
16	975,1172	20	312,0375	15	7,488900	7	1118,342
Ort	Gramm.	21	327,6394	16	7,988160	8	1278,106
1	0,975117	22	343,2412	Lis.	7,988160	9	1437,869
2	1,950234	23	358,8431	2	15,97632	10	1597,632
3	2,925352	24	374,4450	3	23,96448	11	1757,395
4	3,900469	25	390,0469	4	31,95264	12	1917,158

Digitized by Google

Metrisches und dänisches Gewicht.

mg.	Es	Gran	Gr.	℔.	Lt.	Qt.	Ort	Es	Gran	Klg.	Pfund
1	—	0,131	1	—	—	—	1	—	3,266	1	2,00296
2	—	0,263	2	—	—	—	2	—	6,533	2	4,00593
3	—	0,394	3	—	—	—	3	1	1,799	3	6,00889
4	—	0,525	4	—	—	1	—	1	5,065	4	8,01186
5	—	0,656	5	—	—	1	1	2	0,331	5	10,01482
6	—	0,788	6	—	—	1	2	2	3,597	6	12,01779
7	—	0,919	7	—	—	1	3	2	6,864	7	14,02075
8	—	1,050	8	—	—	2	—	3	2,130	8	16,02371
9	—	1,181	9	—	—	2	1	3	5,396	9	18,02668
ctg.	—	1,312	dkg.	—	—	2	2	4	0,663	10	20,02964
2	—	2,625	2	—	1	1	—	8	1,325	11	22,03261
3	—	3,938	3	—	1	3	2	12	1,988	12	24,03557
4	—	5,251	4	—	2	2	1	—	2,651	13	26,03854
5	—	6,563	5	—	3	—	3	4	3,314	14	28,04150
6	—	7,876	6	—	3	3	1	8	3,976	15	30,04446
7	1	1,189	7	—	4	1	3	12	4,639	16	32,04743
8	1	2,501	8	—	5	—	2	—	5,302	17	34,05039
9	1	3,814	9	—	5	3	—	4	5,965	18	36,05336
dcg.	1	5,126	hkg.	—	6	1	2	8	6,627	19	38,05632
2	3	2,253	2	—	12	3	1	1	5,255	20	40,05929
3	4	7,380	3	—	19	—	3	10	3,882	21	42,06225
4	6	4,506	4	—	25	2	2	3	2,510	22	44,06522
5	8	1,633	5	1	—	—	—	12	1,137	23	46,06818
6	9	6,760	6	1	6	1	3	4	7,764	24	48,07114
7	11	3,886	7	1	12	3	1	13	6,392	25	50,07411
8	13	1,013	8	1	19	1	—	6	5,019	26	52,07707
9	14	6,140	9	1	25	2	2	15	3,647	27	54,08004
10	16	3,266	10	2	—	—	1	8	2,274	28	56,08300

Die Einheit der Hohlmaſse in Dänemark ist der *Pott*, nach der gesetzlichen Bestimmung der 32ste Theil eines dänischen Kubikfuſses. Ein solcher Pott hält dann als Flüssigkeitsmaſs 4 *Pegel*, 2 Pott geben eine *Kanne*, 38,75 gehn auf einen *Anker*, deren 4 eine *Ohm* und 6 Ohm 1 *Fuder* geben. Die *Biertonne* hält 136 Pott, die norwegische *Theertonne* aber 120. Die *Korntonne* soll 4,5 Kubikfuſs oder 144 Pott enthalten und wird in 8 *Scheffel*, dieser aber in Viertel, Achtel und Sechzehntel getheilt. Indem aber der Pott 0,96529 Liter enthält, so läſst sich hierauf die nachfolgende Vergleichung gründen.

Digitized by Google

Dänische und metrische Flüssigkeitsmaſse.

Pe.	Liter	Kan.	Liter	Ank.	Liter	Fud.	Kilol.
1	0,2413	9	17,3752	1	37,405	1	0,89772
2	0,4826	10	19,3058	2	74,810	2	1,79544
3	0,7239	11	21,2364	3	112,215	3	2,69316
Pott	0,9653	12	23,1670	4	149,620	4	3,59088
Kan.	1,9306	13	25,0975	Ohm	Hektol.	5	4,48860
2	3,8612	14	27,0281	1	1,49620	6	5,38632
3	5,7917	15	28,9587	2	2,99240	7	6,28404
4	7,7223	16	30,8893	3	4,48860	8	7,18176
5	9,6529	17	32,8198	4	5,98480	9	8,07948
6	11,5835	18	34,7504	5	7,48100	10	8,97720
7	13,5141	19	36,6810	6	8,97720	11	9,87492
8	15,4464	20	38,6116	7	9,47340	12	10,77264

Metrische und dänische Flüssigkeitsmaſse.

Lit.	Ank.	Kan.	Pot	Hkl.	Fud.	Ohm	Ank.	Kan.	Pot	Kil.	Fuder
1	—	—	1,04	1	—	—	2	13	0,09	1	1,11393
2	—	1	0,07	2	—	1	1	6	1,44	2	2,22787
3	—	1	1,11	3	—	2	—	—	—	3	3,34180
4	—	2	0,14	4	—	2	2	13	0,88	4	4,45573
5	—	2	1,18	5	—	3	1	7	0,22	5	5,56967
6	—	3	0,21	6	—	4	—	—	1,57	6	6,68360
7	—	3	1,25	7	—	4	2	13	1,67	7	7,79753
8	—	4	0,29	8	—	5	1	7	1,01	8	8,91147
9	—	4	1,32	9	1	—	—	1	0,36	9	10,02540
Dkl.	—	5	0,36	Kil.	1	—	2	14	0,45	10	11,13933
2	—	10	0,71	2	2	1	1	9	0,16	11	12,25327
3	—	15	1,07	3	3	2	—	8	1,87	12	13,36720
4	1	1	0,68	4	4	2	2	18	0,33	13	14,48113
5	1	6	1,04	5	5	3	1	13	0,04	14	15,59507
6	1	11	1,40	6	6	4	—	17	1,74	15	16,70900
7	1	16	1,76	7	7	4	2	22	0,20	16	17,82293
8	2	2	1,37	8	8	5	1	16	1,91	17	18,93687
9	2	7	1,73	9	10	—	—	11	1,62	18	20,05080

Digitized by Google

Dänisches und metrisches Kornmaſs.

Schfl.	Hektol.	Ton.	Kilol.	Hkl.	Scheffel	Kil.	Tonne
1	0,17375	1	0,139	1	5,7554	1	7,19424
2	0,34750	2	0,278	2	11,5108	2	14,38849
3	0,52125	3	0,417	3	17,2662	3	21,58273
4	0,69500	4	0,556	4	23,0216	4	28,77698
5	0,86875	5	0,695	5	28,7770	5	35,97122
6	1,04250	6	0,834	6	34,5324	6	43,16547
7	1,21625	7	0,973	7	40,2878	7	50,35971
8	1,39000	8	1,112	8	46,0432	8	57,55396
9	1,56375	9	1,251	9	51,7986	9	64,74820

g) Russische Maſse und Gewichte.

Die in den Staaaten des russischen Kaiserreiches[1] üblichen Maſse und Gewichte werden zwar in den metrologischen Werken angegeben, allein theils sind die hierin enthaltenen Angaben unter sich nicht übereinstimmend, theils wird nirgends auf eine ächte Quelle oder eine vorhandene gesetzlich autorisirte Revision verwiesen. Als eine wohlbegründete Autorität könnte die Tabelle gelten, welche Storch[2] mitgetheilt hat, allein es war mir auffallend, daſs die hierin enthaltenen Angaben nicht vollständig mit denen übereinstimmen, die man in Scherer's Zeitschrift[3] findet. Letzteres Werk enthält die Angabe, daſs die russischen Maſse und Gewichte durch den jetzigen Staatsrath und beständigen Secretair der Akademie v. Fuss genau untersucht und normal festgesetzt worden sind, und da weiter keine Quelle hierüber angegeben ist, so schien es mir am besten, diesen rühmlichst bekannten Gelehrten unmittelbar um Mittheilung der gesetzlichen Bestimmungen zu ersuchen, worauf ich dann die Grundlagen der nachfolgenden Berechnungen erhielt[4].

---

1 In Liefland, Kurland, Esthland, Finnland, Polen und Lithauen sind Provinzial-Maſse, die jedoch hier nicht berücksichtigt werden.

2 Handbuch der National-Wirthschaftslehre. Aus d. Franz. von K. H. Rau. Th. III. Hamb. 1820. Tab. XI.

3 Allgem. nord. Annal. d. Chemie u. s. w. VIII. S. 217.

4 Seitdem hat Paucker eine sehr ausführliche Untersuchung des gesammten russischen Maſssystems vorgenommen; seine Arbeit ist mir

Die Einheit des Längenmaſses ist der *Fuſs*, welcher genau dem englischen gleicht und wie dieser in 12 *Zolle* getheilt wird, der Zoll jedoch nur in 10 *Linien* und die Linie in 10 *Scrupel.* Ueber diese, wahrscheinlich durch Peter den Grossen eingeführte Maſseinheit ist kein älteres Gesetz vorhanden, wohl aber ist sie durch den Kaiser Alexander gesetzlich bestätigt worden. Hiernach beträgt der russische Fuſs 0,30479 Meter und 1 Meter 39,37079.... russische Zoll. Eine ältere Längeneinheit ist die russische Elle (*Arschine*) von 28 russischen Zollen oder 0,711172... Metern gleich, deren 3 oder 7 Fuſs den Faden (*Sashén*) = 2,133516.... Metern geben, ein sehr altes, schon im Jahre 1116 erwähntes Längenmaſs. Endlich geben 500 Sashén 1 Werst, deren etwas weniger als 7 auf eine geographische Meile gehn [1]. Indem aber der englische Fuſs bereits oben mit dem alten pariser und dem Meter verglichen worden ist [2], so folgt hier bloſs eine Reductionstabelle der in Ruſsland sehr gebräuchlichen Arschine auf altes und neues französisches Maſs, wobei 1 russischer Fuſs = 0,938306 französischen oder 0,3048012 Metern, also die Arschine 2,18938066.... pariser Fuſs oder 0,7112028 Metern gleichgesetzt worden ist [3].

---

jedoch nicht näher bekannt geworden, und ich benutze bloſs in dem Augenblicke, da ich das Mspt. zum Druck abzusenden begriffen bin, das, was sich von diesem Gelehrten in Schumacher's Jahrbuch für 1836 befindet, zur Revision des bereits Geschriebenen.

1 7 Werste betragen 24500 engl. oder 22988,5 franz. Fuſs, eine geograph. Meile aber 22842,5 par. F.

2 Die Eintheilung des englischen Zolles in 12, des russischen in 10 Linien macht einen kleinen, leicht zu berücksichtigenden Unterschied.

3 Diese von den so eben mitgetheilten, nach frühern Vergleichungen gesetzlich bestimmten Verhältnissen etwas abweichenden Bestimmungen gehn aus den neuesten Vergleichungen hervor. Vergl. oben *engl. Längenmaſs.*

Digitized by Google

Russische Arschinen und französisches Maſs.

Ar.	par. Fuſs	Meter	p. F.	Arschine	Met.	Arschine
1	2,18938	0,711203	1	0,45675	1	1,40607
2	4,37876	1,422406	2	0,91350	2	2,81214
3	6,56814	2,133608	3	1,37025	3	4,21821
4	8,75752	2,844811	4	1,82700	4	5,62428
5	10,94690	3,556014	5	2,28375	5	7,03035
6	13,13628	4,262617	6	2,74050	6	8,43642
7	15,32566	4,978420	7	3,19725	7	9,84249
8	17,51505	5,689622	8	3,65400	8	11,24856
9	19,70443	6,400825	9	4,11075	9	12,65463
10	21,89381	7,112028	10	4,56750	10	14,06070

Als Flächen- und Körpermaſse dienen auch in Ruſsland die üblichen Längenmaſse; zum Ausmessen der Felder aber dient die Ruthe, *Sashén*, indem ein Quadrat von 2400 Sashén oder eigentlich ein Parallelogramm von 80 und 30 Sashén Länge und Breite eine *Dessätina* bilden. Indem aber nach dem angenommenen Verhältnisse 1 Sashén 2,1336084 Metern gleich ist, so gleicht 1 Quadrat-Sashén 4,552285 Quadrat-Metern, mithin 1 Dessätina = 10925,48.... Quadratmetern.

Russische Sashén und Meter.

Sash.	Meter	Sash.	Quadrat-Meter	Met.	Sashén	Met.	Quadrat-Sashén
1	2,13361	1	4,5523	1	0,46869	1	0,21967
2	4,26722	2	9,1046	2	0,93738	2	0,43934
3	6,40083	3	13,6569	3	1,40607	3	0,65901
4	8,53443	4	18,2091	4	1,87476	4	0,87868
5	10,66804	5	22,7614	5	2,34345	5	1,09835
6	12,80165	6	27,3137	6	2,81214	6	1,31802
7	14,93526	7	31,8660	7	3,28083	7	1,53769
8	17,06887	8	36,4183	8	3,74952	8	1,75736
9	19,20248	9	40,9706	9	4,21821	9	1,97703
10	21,33608	10	45,5229	10	4,68689	10	2,19670

Die *Dessätina*[1], welche 10925,48 Quadratmeter enthält, gleicht hiernach fast genau der Hektare von 10000 Quadrat-

1 Sie enthält nach Paucker bei allen officiellen Bestimmungen 2400 Quadrat-Sashén oder 117600 engl. Quadratfuſs; die Dessätina

Digitized by Google

metern; inzwischen ist dennoch der Unterschied so bedeutend, daſs mir folgende Vergleichung beider nicht überflüssig zu seyn scheint.

Dessätina und Hektare.

Dess.	Hektare	Dess.	Hektare	He.	Dessätina	He.	Dessätina
1	1,092548	6	6,555288	1	0,915292	6	5,491750
2	2,185096	7	7,647836	2	1,830583	7	6,407041
3	3,277644	8	8,740384	3	2,745875	8	7,322333
4	4,370192	9	9,832932	4	3,661166	9	8,237624
5	5,462740	10	10,925480	5	4,576458	10	9,152916

Die Einheit des russischen Gewichts ist das *Pfund*, welches 6316 englischen Grän oder 1,75 Cölner Mark und dem Gewichte von 25 Kubikzoll destillirtem Wasser bei 50° Fahr. (10° C.) und 30 Zoll Barometerstand gleich seyn soll. Es wird in 32 *Loth* und das Loth in 3 *Solotnik* getheilt, so daſs also das Pfund 96 Solotnik oder 9216 Doli enthält. Da das eigentliche Gewicht der Cölner Mark schwer zu bestimmen ist[1] und bei dem Gewichte des Wassers die Ausdehnung desselben durch Wärme und die Reduction auf den leeren Raum weitläuftige Rechnungen erfordern, so ist es nicht leicht, diese drei Bestimmungen in Uebereinstimmung zu bringen, obgleich die Abweichungen derselben von einander nicht groſs seyn können. Es wiegt aber nach den oben[2] mitgetheilten Bestimmungen 1 engl. Kubikzoll destillirtes Wasser bei 62° F. und 30 Z. Barometerstand 252,458 engl. Grän, mithin 25 Kubikzolle 6311,45 engl. Grain, welche für den Unterschied der Temperatur corrigirt, also mit $\frac{1,0010585925}{1,0002778189}$ multiplicirt[3], völlig genau 6316,37 Grains geben, weswegen die Vergleichung mit dem metrischen Gewichte am besten auf das scharf bestimmte Verhältniſs von diesem zum englischen Gewichte gegründet wird. Indem aber das englische Troy-

---

der Landgüter in den Gouvernements enthält herkömmlich 3200 Quadrat-Sashén oder 156800 engl. Quadratfuſs.

1 S. unten: *Allgemeine deutsche Gewichte; Cölnische Mark.*

2 S. *Englisches Maſs und Gewicht.*

3 S. meine Abhandlung über d. Ausdehnung der Flüssigkeiten in den Mém. de la Soc. des Sc. de Petersbourg T. I. p. 60.

Digitized by Google

Pfund von 5760 Grains nach der oben mitgetheilten Bestimmung von Chelius genau 373,243 Grammen gleich ist, so ist hierdurch zugleich das Verhältniſs des russischen Pfundes zum englischen und allen übrigen hierauf reducirten gegeben. Ein russisches Pfund beträgt nämlich 0,836003743.... altfranzösische, 1,096527777... engl. Pfund und 409,2713173582... Gramme. Das Gewicht der Cölner Mark wird aber unten = 233,75 Grammen angegeben werden, und hiernach enthält das russische Pfund 1,7508933.... Cölner Mark, wonach also beide Arten der Bestimmung einander sehr nahe kommen[1].

Daſs 3 Solotnik 1 Loth und 2 Loth ein Pfund ausmachen, ist bereits angegeben worden. Auſserdem aber geben 40 Pfunde 1 *Pud* und 10 Pud 1 *Berkowetz*. Für die Vergleichung mit dem englischen Troy-Pfunde ist aber noch zu bemerken, daſs letzteres in 12 Unzen, die Unze in 20 pennyweight, jedes von 24 Grains, getheilt wird. Die Vielfachen des englischen Av.-d.-p.-Pfundes von 7000 Grains sind in der Tabelle selbst angedeutet.

Russisches und englisches Troy-Gewicht.

Sol.	oz.	dwt.	grains	Lt.	lb.	oz.	dwt.	grains
1	—	2	17,792	16	—	6	11	14,000
2	—	5	11,583	17	—	6	19	19,375
Lt.	—	8	5,375	18	—	7	8	0,750
2	—	16	10,750	19	—	7	16	6,125
3	1	4	6,125	20	—	8	4	11,500
4	1	12	21,500	21	—	8	12	16,875
5	2	1	2,875	22	—	9	—	22,250
6	2	9	8,250	23	—	9	9	3,625
7	2	17	13,625	24	—	9	17	9,000
8	3	5	19,000	25	—	10	5	14,375
9	3	14	0,375	26	—	10	13	19,750
10	4	2	5,750	27	—	11	2	1,125
11	4	10	11,125	28	—	11	10	6,500
12	4	18	16,500	29	—	11	18	11,875
13	5	6	21,875	30	1	—	6	17,250
14	5	15	3,250	31	1	—	14	22,625
15	6	3	8,625	32	1	1	3	3,000

1 Paucker a. a. O. fand das Gewicht der zu seinen Wägungen erhaltenen Normal-Pfundstücke = 6320 englische Troy-Grains und

Digitized by Google

Englisches Troy- und russisches Gewicht.

gr.	Solotnik.	gr.	Lt.	Solotn.	dwt.	Lt.	Solotn.
1	0,015199	19	—	0,288790	14	1	2,1070
2	0,030399	20	—	0,303990	15	1	2,4718
3	0,045598	21	—	0,319189	16	1	2,8366
4	0,060798	22	—	0,334389	17	2	0,2014
5	0,075997	23	—	0,349588	18	2	0,5662
6	0,091197	dwt.	—	0,364788	19	2	0,9310
7	0,106396	2	—	0,729576	oz.	2	1,2958
8	0,121596	3	—	1,094363	2	4	2,5915
9	0,136795	4	—	1,459151	3	7	0,8873
10	0,151995	5	—	1,823939	4	9	2,1830
11	0,167194	6	—	2,188727	5	12	0,4788
12	0,182394	7	—	2,553515	6	14	1,7745
13	0,197593	8	—	2,918303	7	17	0,0703
14	0,212793	9	1	0,283091	8	19	1,3660
15	0,227992	10	1	0,647878	9	21	2,6618
16	0,243192	11	1	1,012666	10	24	0,9576
17	0,258391	12	1	1,377454	11	26	2,2533
18	0,273591	13	1	1,742242	12	29	0,5491

Russisches und metrisches Gewicht.

Sol.	Gramme	Lt.	Gramme	Lt.	Gramme
1	4,2632429	10	127,8972867	21	268,5843020
2	8,5264858	11	140,6870153	22	281,3740307
Lt.	12,7897287	12	153,4767440	23	294,1637593
2	25,5794573	13	166,2664727	24	306,9534880
3	38,3691860	14	179,0562013	25	319,7432167
4	51,1589146	15	191,8459300	26	332,5329453
5	63,9486433	16	204,6356587	27	345,3226740
6	76,7383720	17	217,4253873	28	358,1124027
7	89,5281007	18	230,2151160	29	370,9021313
8	102,3178293	19	243,0048447	30	383,6918600
9	115,1075580	20	255,7945733	31	396,4815887

---

hat daher vorgeschlagen, dieses als Norm anzunehmen. Der Unterschied zwischen dieser und der hier angenommenen Bestimmung würde nicht groſs seyn, und da auſserdem das Pfund gesetzlich 1,75 Cöln. Mark wiegen soll, wie ich für ausgemacht halte, so scheint es mir nicht geeignet, die von mir berechneten Tabellen danach abzuändern.

Digitized by Google

Metrisches und russisches Gewicht.

Gr.	Solotn.	dkg	Lt.	Solotn.	hkg.	℔.	Lt.	Solotn.
1	0,234563	1	—	2,3456	1	—	7	2,4563
2	0,469126	2	1	1,6912	2	—	15	1,9126
3	0,703689	3	2	1,0369	3	—	23	1,3689
4	0,938253	4	3	0,3825	4	—	31	0,8253
5	1,172816	5	3	2,7282	5	1	7	0,2816
6	1,407379	6	4	2,0738	6	1	14	2,7379
7	1,641943	7	5	1,4194	7	1	22	2,1943
8	1,876506	8	6	0,7651	8	1	30	1,6506
9	2,111069	9	7	0,1107	9	2	6	1,1069
10	2,345632	10	7	2,4563	10	2	14	0,5632

Russisches, englisches, altfranzösisches und metrisches Gewicht.

Russ. ℔.	Engl. Troy lb.	Engl. Av.-d.-p.-lb.	Franz. ℔.	Metrisch. Kilogr.
1	1,09652	0,90229	0,83600	0,4092713
2	2,19306	1,80457	1,67201	0,8185426
3	3,28958	2,70686	2,50801	1,2278139
4	4,38611	3,60914	3,34401	1,6370853
5	5,48264	4,51143	4,18002	2,0463566
6	6,57917	5,41371	5,01602	2,4556279
7	7,67569	6,31600	5,85203	2,8648992
8	8,77222	7,21829	6,68803	3,2741705
9	9,86875	8,12057	7,52703	3,6834418
10	10,96528	9,02286	8,36003	4,0927132

Digitized by Google

Russisches, englisches Av.-d.-p.-, altfranz. und metrisches Gewicht.

Russ. ℔.	Englische. Ton.	Cwt.	qrs.	lb.	Alt franz. ℔.	Kilogram.
10	—	—	—	9,023	8,360	4,09271
20	—	—	—	18,046	16,720	8,18543
30	—	—	—	27,069	25,080	12,27814
Pud	—	—	1	8,091	33,440	16,37085
2	—	—	2	16,183	66,880	32,74170
3	—	—	3	24,274	100,320	49,11256
4	—	1	1	4,366	133,761	65,48341
5	—	1	2	12,457	167,201	81,85426
6	—	1	3	20,548	200,641	98,22512
7	—	2	1	0,640	234,081	114,59597
8	—	2	2	8,731	267,521	130,96682
9	—	2	3	16,823	300,961	147,33767
Ber.	—	3	—	24,914	334,401	163,70853
2	—	6	1	21,829	668,803	327,41705
3	—	9	2	18,743	1003,204	491,12558
4	—	12	3	15,657	1337,606	654,83411
5	—	16	—	12,571	1672,007	818,54263
6	—	19	1	9,486	2006,409	982,25116
7	1	2	2	6,400	2340,810	1145,95969
8	1	5	3	3,314	2675,212	1309,66821
9	1	9	—	0,229	3009,613	1473,37674
10	1	12	—	25,143	3344,015	1637,08527

Digitized by Google

Englisches Avoir-du-poids- und russisches Gewicht.

Engl. ℔.	Russ. Ber.	Russ. Pud	Russ. ℔.	Eng. Cwt.	Russ. Ber.	Russ. Pud	Russ. ℔.
1	—	—	1,1083	8	2	4	33,034
2	—	—	2,2166	9	2	7	37,163
3	—	—	3,3249	10	3	1	1,293
4	—	—	4,4332	11	3	4	5,421
5	—	—	5,5415	12	3	7	9,550
6	—	—	6,6498	13	4	—	13,680
7	—	—	7,7581	14	4	3	17,809
8	—	—	8,8664	15	4	6	21,938
9	—	—	9,9747	16	4	9	26,067
10	—	—	11,0829	17	5	2	30,196
20	—	—	22,1659	18	5	5	34,326
28	—	—	31,0323	19	5	8	38,455
qrs.	—	—	31,0323	Ton.	6	2	2,584
2	—	1	22,0646	2	12	4	5,168
3	—	2	13,0969	3	18	6	7,752
cwt.	—	3	4,1292	4	24	8	10,336
2	—	6	8,2584	5	31	—	12,920
3	—	9	12,3876	6	37	2	15,503
4	1	2	16,5168	7	43	4	18,087
5	1	5	20,6460	8	49	6	20,671
6	1	8	24,7752	9	55	8	23,255
7	2	1	28,9044	10	62	—	25,839

Digitized by Google

Metrisches und russisches Gewicht.

Kil.	Pud	℔.	Kil.	Ber.	Pud	℔.
1	—	2,443367	80	—	4	35,469
2	—	4,886734	90	—	5	19,903
3	—	7,330101	100	—	6	4,337
4	—	9,773468	200	1	2	8,673
5	—	12,216835	300	1	8	13,010
6	—	14,660202	400	2	4	17,347
7	—	17,103568	500	3	—	21,683
8	—	19,546935	1000	6	1	3,367
9	—	21,990302	1500	9	1	25,050
10	—	24,433669	2000	12	2	6,734
20	1	8,867338	2500	15	2	28,417
30	1	33,301008	3000	18	3	10,101
40	2	17,734677	3500	21	3	31,784
50	3	2,168346	4000	24	4	13,468
60	3	26,602015	4500	27	4	35,151
70	4	11,035684	5000	30	5	16,835

Als Normalmaſs für Flüssigkeiten ist in Ruſsland das *Wedro* (so viel als Eimer) zu betrachten. Es enthielt ehemals 8, nach der neuen Bestimmung 10 *Stofe*, deren jeder durch Halbirung in 2 halbe Stofe oder *Kruschken* (Krüge) zerfällt, eigentlich aber in 10 *Tscharken* (Schälchen) getheilt wird. Als gröſseres Maſs endlich dient das *Faſs* von 40 Wedros. Das Wedro enthält gesetzlich 750 Kubikzoll reines Wasser bei 50° F. und 30 Zoll Barometerstand und beträgt also nach der oben gegebenen Berechnung 30 russ. Pfunde. Zur Vergleichung dieser mit den englischen Maſsen dient die oben mitgetheilte Bestimmung, daſs das englische Gallon nach der neuesten genauen Messung 277,274 engl. Kubikzoll Inhalt hat, wonach also das Wedro 2,7049056.... Gallonen und das Gallon 0,3696986..... Wedros gleicht. Hiernach läſst sich dann eine Vergleichung mit den metrischen Maſsen hernehmen, wenn man die oben gleichfalls mitgetheilte Bestimmung zum Grunde legt, wonach 1 Gallon 4,54346 Litern gleichkommt, also 1 Wedro 12,28963047... Litern und 1 Liter 0,081369411564... Wedros, wonach die folgenden Tabellen berechnet sind. Dabei ist zu berücksichtigen, daſs das Wedro ebenso in 10 Stofe und 100 Tscharken getheilt wird, als das Liter in 10 Deciliter und 100 Centiliter, weswegen

zwischen diesen Abtheilungen ein gleiches Verhältniſs statt findet. Endlich aber geben 2 Pints 1 Quart, 4 Quarts 1 Gallon, 8 Gallons 1 Bushel uud 8 Bushels 1 Quarter.

Russische und englische Flüssigkeitsmaſse.

Ts.	Gal.	Qrt.	Pint.	Wed.	Qtr.	Bu.	Gal.	Qrt.	Pint.
1	—	—	0,2164	3	—	1	—	—	0,918
2	—	—	0,4328	4	—	1	2	3	0,556
3	—	—	0,6492	5	—	1	5	2	0,196
4	—	—	0,8656	6	—	2	—	—	1,835
5	—	—	1,0820	7	—	2	2	3	1,475
6	—	—	1,2984	8	—	2	5	2	1,114
7	—	—	1,5148	9	—	3	—	1	0,753
8	—	—	1,7311	10	—	3	3	—	0,392
9	—	—	1,9475	20	—	6	6	—	0,784
St.	—	1	0,1639	30	1	2	1	—	1,177
2	—	2	0,3278	Faſs	1	5	4	—	1,570
3	—	3	0,4918	2	3	3	—	1	1,140
4	1	—	0,6557	3	5	—	4	2	0,709
5	1	1	0,8196	4	6	6	—	3	0,279
6	1	2	0,9835	5	8	3	4	3	1,849
7	1	3	1,1475	6	10	1	1	—	1,419
8	2	—	1,3114	7	11	6	5	1	0 989
9	2	1	1,4753	8	13	4	1	2	0,558
Wed.	2	2	1,6392	9	15	1	5	3	0,128
2	5	1	1,2785	10	16	7	1	3	1,698

Englische und russische Flüssigkeitsmaſse.

Pt.	Wed.	St.	Tschar.	Bu.	Fa.	Wed.	St.	Tschar.
1	—	—	4,6213	4	—	11	8	3,061
Qt.	—	—	9,2426	5	—	14	7	8,827
2	—	1	8,4853	6	—	17	7	4,592
3	—	2	7,7280	7	—	20	7	0,357
Gal.	—	3	6,9706	Qtr.	—	23	6	6,123
2	—	7	3,9413	2	1	7	3	2,245
3	1	1	0,9120	3	1	30	9	8,368
4	1	4	7,8826	4	2	14	6	4,491
5	1	8	4,8533	5	2	38	3	0,613
6	2	2	1,8240	6	3	21	9	6,736
7	2	5	8,7946	7	4	5	6	2,859
Bu.	2	9	5,7653	8	4	29	2	8,981
2	5	9	1,5306	9	5	12	9	5,104
3	8	8	7,2960	10	5	36	6	0,227

Digitized by Google

Russische und metrische Flüssigkeitsmaſse.

Wed.	Liter	Wed.	Liter	Faſs.	Kilol.
1	12,28963	8	98,31704	3	1,474756
2	24,57926	9	110,60667	4	1,966341
3	36,86889	10	122,89630	5	2,457926
4	49,15852	20	245,79260	6	2,949511
5	61,44815	30	368,68891	7	3,441096
6	73,73778	Faſs.	491,58522	8	3,932682
7	86,02741	2	983,17043	9	4,424267

Metrische und russische Flüssigkeitsmaſse.

Lit.	Wedro	Kil.	Faſs.	Wedro
1	0,081369	1	2	1,369325
2	0,162739	2	4	2,738650
3	0,244108	3	6	4,107975
4	0,325477	4	8	5,477300
5	0,406847	5	10	6,846626
6	0,488216	9	12	8,215951
7	0,569585	7	14	9,585276
8	0,650955	8	16	10,954601
9	0,732324	9	18	12,223926
10	0,813693	10	20	13,593251

Als Hohlmaſs für trockne Substanzen ist gegenwärtig sowohl gesetzlich bestimmt, als auch am meisten gebräuchlich das *Tschetwert* (Vierling, Viertel), der 4te Theil eines alten, nicht mehr üblichen groſsen Maſses. Es wird in 2 *Osmina* (Achtel) und in 8 *Tschetwerik* oder *Garnez* getheilt und enthält 1600 Kubikzoll oder 64 Pfund destillirtes Wasser bei 50° F. und 30 Zoll Barometerstand. Werden diese Gröſsen mit den so eben angegebenen Bestimmungen der englischen und französischen Flüssigkeitsmaſse verglichen, so ergiebt sich, daſs 1 Gallon 1,38637 Tschetwerik, 1 Tschetwerik aber 0,72130816448... Gallons gleichkommt, und auf gleiche Weise beträgt 1 Tschetwerik 3,277235793 Liter und 1 Liter 0,3051352002... Tschetwerik.

Russische, englische und metrische Trockenmaſse.

Tsk.	Qtr.	Bu.	Gallon	Liter
1	—	—	0,7213	3,27734
2	—	—	1,4426	6,55477
3	—	—	2,1639	9,83171
Os.	—	—	2,8852	13,10894
Tst.	—	—	5,7705	26,21789
2	—	1	3,5409	52,43577
3	—	2	1,3114	78,65366
4	—	2	7,0819	104,87155
5	—	3	4,8523	131,08943
6	—	4	2,6228	157,30732
7	—	5	0,3933	183,52520
8	—	5	6,1637	209,74309
9	—	6	3,9342	235,96098
10	—	7	1,7047	261,17886
20	1	6	3,4093	522,25773
30	2	5	5,1140	783,52659
40	3	4	6,8186	1044,71545
50	4	4	0,5233	1305,89432
60	5	3	2,2279	1567,07318
70	6	2	3,9326	1828,25204
80	7	1	5,6372	2089,43091
90	8	—	7,3419	2350,60977
100	9	—	1,0465	2611,78863

Digitized by Google

Englische, metrische und russische Fruchtmaſse.

Gall.	Tscht.	Osm.	Tschwk.	Lit.	Tscht.	Osm.	Tschwk.
1	—	—	1,38637	1	—	—	0,3051
2	—	—	2,77274	2	—	—	0,6103
3	—	1	0,15911	3	—	—	0,9154
4	—	1	1,54548	4	—	—	1,2205
5	—	1	1,93185	5	—	—	1,5257
6	1	—	0,31822	6	—	—	1,8308
7	1	—	1,70459	7	—	—	2,1359
Bu.	1	—	3,09096	8	—	—	2,4411
2	2	1	2,18192	9	—	—	2,7462
3	4	—	1,27288	Hek.	3	1	2,5135
4	5	1	0,36384	2	7	1	1,0270
5	6	1	3,45480	3	11	—	3,5406
6	8	—	2,54576	4	15	—	2,0541
7	9	1	1,63672	5	19	—	0,5676
Qtr.	11	—	0,72768	6	22	1	3,0811
2	22	—	1,45536	7	26	1	1,5946
3	33	—	2,18304	8	30	1	0,1082
4	44	—	2,91072	9	34	—	2,6217
5	55	—	3,63840	Kil.	38	—	1,1352
6	66	1	0,36608	3	114	—	3,4056
7	77	1	1,09376	4	152	1	0,5408
8	88	1	1,82144	5	190	1	1,6760
9	99	1	2,54912	7	266	1	3,9464
10	110	1	3,27680	9	343	—	2,2168

h) Niederländische Maſse und Gewichte.

Das Bedürfniſs des Handels veranlaſste in den Niederlanden eine feste Regulirung der Maſse und Gewichte, welche im ganzen Reiche Gültigkeit haben sollten. Van Swinden, welcher als auswärtiges Mitglied bei der Maſs-Commission in Paris war, prüfte und berichtigte seit dem Anfange dieses Jahrhunderts die holländischen Maſse und Gewichte, allein vermöge einer königl. Verordnung vom 8. Nov. 1820 sind seit 1821 zwar die frühern Namen beibehalten, die Werthe aber aus Rücksichten auf Belgien ganz den französischen gleichgestellt[1]. Die niederländischen Schriftsteller bedienen sich aus

1 Uebersicht der Anwendung des metrischen oder Decimalsystems im Königreich der Niederlande u. s. w. (von Schuchkrafft).

dieser Ursache und in Folge ihrer genauen Bekanntschaft mit der französischen Literatur in der Regel des metrischen Systems mit dessen eigenthümlichen Namen, und es genügt daher hier, nur die veränderten holländischen Benennungen herzusetzen. Kilometer = *Mijl*, Dekameter = *Roede*, Meter = *Elle*, Decimeter = *Palm*, Centimeter = *Duim*, Millimeter = *Streep.* Hiernach ist die Quadrat-Roede der Are und das *Bunder* der Hektare gleich, die *Wisse* aber gleicht der Stere mit den bei letzterer üblichen Bestimmungen. Auf gleiche Weise ist Kilogramm = *Pond*, Hektogramm = *Once*, Dekagramm = *Lood*, Gramm = *Wigtje*, Decigramm = *Korrel*. Das Medicinalgewicht hat die hierbei übliche Eintheilung beibehalten, ist aber auf $\frac{1}{8}$ des Pond (Kilogramm) festgesetzt. Ferner ist Hektoliter = *Vat*, Liter = *Kan*, Deciliter = *Maatje* (Mäſschen), Centiliter = *Vingerhoed.* Für Fruchtmaſs dagegen ist Hektoliter = *Mudde*, Dekaliter = *Schepel*, Liter = *Kop*, Deciliter = *Maatje*.

i) Deutsche Maſse und Gewichte.

Die deutschen Schriftsteller bedienen sich bei dem Mangel allgemeiner deutscher Maſse und Gewichte meistens der altfranzösischen, des Apothekergewichts, der metrischen Maſse und Gewichte, die Preuſsen am allgemeinsten, die Baiern nicht selten der in ihren Staaten eingeführten. Oft und vielseitig ist schon der Wunsch nach Einheit in diesen Stücken geäuſsert worden, und es läſst sich nicht in Abrede stellen, daſs Gleichmäſsigkeit des Maſses und Gewichts eine weit gröſsere Menge von Vortheilen herbeiführen würde, als die Zahl der mit der Einführung verbundenen Schwierigkeiten beträgt. Am leichtesten dürfte die Ausführung dadurch werden, wenn die neuen Bestimmungen von Preuſsen oder Oesterreich entnommen würden oder sich auf eine solche Weise an die französischen anschlössen, als dieses bereits in Hessen und Baden geschehn ist. Insofern also die Mehrzahl der deutschen Schriftsteller wegen der Unbestimmtheit der in den einzelnen Staaten üblichen Maſse und Gewichte sich bei wissenschaftlichen

---

Rotterd. 1821. 8. Vollständige Auskunft giebt Chelius in seinem oft erwähnten Werke. S. 90.

Digitized by Google

Untersuchungen der ausländischen zu bedienen pflegt, müssen hier alle diejenigen übergangen werden, welche bisher nicht auf die erforderliche Weise gehörig bestimmt worden sind, wonach also nur die von 4 Staaten, nämlich Würtemberg, Baiern, Hessendarmstadt und Baden, erwähnt werden können.

1) Würtemberg.

Herzog Christoph von Würtemberg verordnete bereits im Jahre 1557, daſs im ganzen Lande einerlei Maſs und Gewicht in Gebrauch seyn solle, deren Normen in Stuttgart aufbewahrt wurden. Wie es überall zu geschehn pflegt, schlichen sich allmälig Abweichungen ein, weswegen die ursprünglichen Muster wieder als Norm benutzt und in Folge einer Verordnung vom 30sten Nov. 1806 die berichtigten, mit den französischen verglichenen Maſse und Gewichte im ganzen Königreiche eingeführt wurden[1]. Hiernach ist die Einheit des Längenmaſses der *Fuſs*, welcher in 10 Zolle, der Zoll zu 10 Linien getheilt wird und 127 par. Linien oder 0,2864903 Meter gleichkommt; 2,144 solcher Fuſs geben die *Elle* und 10 die *Ruthe*. Wegen der dekadischen Eintheilung des Fuſses und Meters findet zwischen den Ganzen und den Theilen beider das nämliche Verhältniſs statt, dagegen ist es beim pariser Fuſse ein verschiedenes.

Würtembergische und französische Längenmaſse.

Lin.	par. Lin.	Zoll	par. Zoll	Fuſs	par. Fuſs	Meter
1	1,27	1	1,0583	1	0,881944	0,286490
2	2,54	2	2,1167	2	1,763889	0,572980
3	3,81	3	3,1750	3	2,645833	0,859471
4	5,08	4	4,2333	4	3,527778	1,145961
5	6,35	5	5,2917	5	4,409722	1,432452
6	7,62	6	6,3500	6	5,291667	1,718942
7	8,89	7	7,4083	7	6,173611	2,005432
8	10,16	8	8,4667	8	7,055556	2,291922
9	11,43	9	9,5250	9	7,937500	2,578413

1 Die Vergleichung geschah durch v. Bohnenberger. S. Tübinger Blätter für Naturwissenschaften und Arzneikunde von v. Auten-

Französische und würtembergische Längenmaſse.

p. L.	würt. Lin.	p. Z.	würt. Z.	p. F.	würt. F.	Met.	würt. Fuſs
1	0,7874	1	0,9449	1	1,133858	1	3,490520
2	1,5748	2	1,8898	2	2,267717	2	6,981039
3	2,3622	3	2,8346	3	3,401575	3	10,471559
4	3,1496	4	3,7795	4	4,535433	4	13,962078
5	3,9370	5	4,7244	5	5,669291	5	17,452598
6	4,7244	6	5,6693	6	6,803150	6	20,943117
7	5,5118	7	6,6142	7	7,937008	7	24,433637
8	6,2992	8	7,5591	8	9,070866	8	27,924157
9	7,0866	9	8,5039	9	10,204724	9	31,414676
10	7,8740	10	9,4488	10	11,338583	10	34,905196
11	8,6614	11	10,3937	11	12,472441	11	38,395715
12	9,4488	12	11,3386	12	13,606299	12	41,886235

Das gangbare Feldmaſs ist der Morgen von 384 Quadratruthen, welche 31,51745 Aren gleichen, das gewöhnliche Holzmaſs ist das Mäſs von 6 Fuſs Breite, 6 F. Höhe und 4 F. Länge.

Würtembergische und metrische Flächen- und Körpermaſse.

Mor.	Hektaren	Hka.	Morgen	Mäſs	Stere	Ste.	Mäſs
1	0,315175	1	3,172846	1	3,386	1	0,29533
2	0,630349	2	6,345691	2	6,772	2	0,59067
3	0,945523	3	9,518536	3	10,158	3	0,88600
4	1,260698	4	12,691382	4	13,544	4	1,18133
5	1,575873	5	15,864228	5	16,930	5	1,47667
6	1,891047	6	19,037073	6	20,316	6	1,77200
7	2,206222	7	22,209919	7	23,702	7	2,06734
8	2,521396	8	25,382764	8	27,088	8	2,36267
9	2,836571	9	28,555610	9	30,474	9	2,65800

Die Einheit des Gewichts in Würtemberg ist das *Pfund* Handelsgewicht, welches 2 *Mark* beträgt, wie gewöhnlich in 32 *Loth*, jedes zu 4 *Quentchen*, getheilt wird und nach den genauen Wägungen von Chelius 0,467728 Kilogramm gleich-

---

rieth und v. Bohnenberger. Tüb. 1815. Bd. 1. Hft. 1. Das Handelsgewicht hat Chelius sorgfältig verglichen. S. dessen Schrift S. 352.

Digitized by Google

kommt. Solcher Pfunde gehn 104 auf den *Centner*, welcher dann aber nur zu 100 ℔. angenommen zu werden pflegt, woraus ein sogenanntes, im Verhältniſs von 104:100 schwereres Gewicht entsteht. In den Apotheken ist das sogenannte Nürnberger Medicinalgewicht üblich, welches die hierbei allgemein angenommene Eintheilung hat und wovon das Pfund 357,647 Grammen gleicht.

Würtembergisches und metrisches Gewicht.

Qt.	Gramm	Lt.	Gramm	Lt.	Gramm	℔.	Kilogr.
1	3,6541	10	146,165	22	321,563	1	0,467728
2	7,3083	11	160,782	23	336,180	2	0,935456
3	10,9624	12	175,398	24	350,796	3	1,403184
Lt.	14,6165	13	190,015	25	365,413	4	1,870912
2	29,2330	14	204,631	26	380,029	5	2,338640
3	43,8495	15	219,248	27	394,646	6	2,806368
4	58,4660	16	233,864	28	409,262	7	3,274096
5	73,0852	17	248,481	29	423,879	8	3,741824
6	87,6990	18	263,097	30	438,495	9	4,209552
7	102,316	19	277,714	31	453,112	10	4,677280
8	116,932	20	292,330	℔.	467,728	11	5,145008
9	131,549	21	306,947	2	935,456	12	5,612736

Metrische und würtembergische Gewichte.

Gr.	Quent.	Dkg.	Lt.	Quent.	Hkg.	℔.	Lt.	Quent.
1	0,2737	1	—	2,737	1	—	6	3,366
2	0,5473	2	1	1,473	2	—	13	2,733
3	0,8210	3	2	0,210	3	—	20	2,099
4	1,0947	4	2	2,947	4	—	27	1,465
5	1,3683	5	3	1,683	5	1	2	0,832
6	1,6220	6	4	0,420	6	1	9	0,198
7	1,9156	7	4	3,156	7	1	15	3,564
8	2,1893	8	5	1,893	8	1	22	2,931
9	2,4630	9	6	0,630	9	1	29	2,297
10	2,7366	10	6	3,366	10	2	4	1,663

Klg.	℔.	Lt.	Quent.	Pfund
1	2	4	1,663	2,137995
2	4	8	3,327	4,275989
3	6	13	0,990	6,413984
4	8	17	2,653	8,551979
5	10	22	0,317	10,689974
6	12	26	1,980	12,827968
7	14	30	3,643	14,965963
8	17	3	1,307	17,103958
9	19	7	2,970	19,241953
10	21	12	0,633	21,378947

Für alle Arten Flüssigkeiten ist die *Maſs* als Norm zu betrachten, welche gesetzlich 78,125 würtembergische Kubikzoll enthält und also 1,83705 Litern gleicht[1]. Sie wird in 4 *Schoppen* getheilt, 10 Maſs geben 1 *Imi*, 16 Imi 1 *Eimer* und 6 Eimer 1 *Fuder*. Für trockne Substanzen, namentlich für Körner, dient als Normalgröſse das *Simmer* von 942,125 würtembergischen Kubikzollen Inhalt, welches also 22,1533 Litern gleichkommt. Dieses Simmer wird in 4 *Vierlinge*, der Vierling in 8 *Ecklein*, das Ecklein in 4 *Viertelein* getheilt, 8 Simmer aber geben 1 *Scheffel*. Diese sämmtlichen Maſse werden beim Messen in der Regel gestrichen, eine Ausnahme hiervon findet bloſs bei Körpern von gröſserem Volumen, als Rüben, Kartoffeln u. s. w. statt.

Würtembergische und metrische Flüssigkeitsmaſse.

Maſs	Liter	Imi	Liter	Imi	Liter	Fud.	Kilolit.
1	1,837	1	18,371	11	202,076	1	1,763568
2	3,674	2	36,741	12	220,446	2	3,527136
3	5,511	3	55,112	13	238,817	3	5,290704
4	7,348	4	73,482	14	257,187	4	7,054272
5	9,185	5	91,853	15	275,558	5	8,817840
6	11,022	6	110,223	Eim.	293,928	6	10,581408
7	12,859	7	128,594	2	587,856	7	12,344976
8	14,696	8	146,964	3	881,784	8	14,108544
9	16,533	9	165,335	4	1175,712	9	15,872112
10	18,371	10	183,705	5	1469,640	10	17,635680

1 Daſs für trüben Most und beim Verkaufe in den Gasthäusern etwas abweichende Gröſsen üblich sind, kann hier übergangen werden.

Digitized by Google

Metrische und würtembergische Flüssigkeitsmaſse.

Lit.	Maſs	Hkl.	Eim.	Imi	Maſs	Kll.	Fuder
1	0,54435	1	—	5	4,435	1	0,56703
2	1,08870	2	—	10	8,870	2	1,13406
3	1,63305	3	1	—	3,305	3	1,70110
4	2,17740	4	1	5	7,740	4	2,26813
5	2,72175	5	1	11	2,175	5	2,83516
6	3,26610	6	2	—	6,611	6	3,40219
7	3,81045	7	2	6	1,046	7	3,96923
8	4,35480	8	2	11	5,481	8	4,53626
9	4,89915	9	3	—	9,916	9	5,10329
10	5,44350	10	3	6	4,351	10	5,67032

Würtembergisches und metrisches Fruchtmaſs.

Si.	Liter	Sch.	Hektol.	Lit.	Simmer	Hkl.	Scheffel
1	22,1533	1	1,77226	1	0,04514	1	0,56425
2	44,3066	2	3,54453	2	0,09028	2	1,12850
3	66,4599	3	5,31679	3	0,13542	3	1,69275
4	88,6132	4	7,08906	4	0,18056	4	2,25700
5	110,7665	5	8,86132	5	0,22570	5	2,82125
6	132,9198	6	10,63358	6	0,27084	6	3,38550
7	155,0731	7	12,40585	7	0,31598	7	3,94975
8	177,2264	8	14,17811	8	0,36112	8	4,51400
9	199,3797	9	15,95038	9	0,40626	9	5,07825
10	221,5330	10	17,72264	10	0,45140	10	5,64250

2) Baiern.

Im Königreiche Baiern ist durch wiederholte Verordnungen seit dem Jahre 1811 statt der zahllosen einzelnen der verschiedenen Städte und Bezirke ein gemeinschaftliches Maſs und Gewicht eingeführt, allein es fehlt bis jetzt noch die in den bisher erwähnten Staaten geschehene, auch für dieses gröſsere Land erforderliche, völlig scharfe Feststellung der einzelnen Gröſsen und künftige Sicherung ihrer Unveränderlichkeit durch Niederlegung von Haupt- und abgeleiteten Musterstücken. Im Jahre 1823 habe ich bei dem als Physiker hinlänglich bekannten Oberfinanzrath v. Yelin die ersten Vorbereitungen zu einer solchen Operation gesehn, sie scheint

aber durch seinen zu frühzeitigen Tod unterbrochen worden und seitdem in Vergessenheit gekommen zu seyn, und ich muſs daher die erforderlichen Thatsachen aus dem Werke von Chelius entlehnen, welches obendrein eine sehr zuverlässige Quelle ist. Hiernach ist der *Fuſs* mit Duodecimal-Eintheilung das gesetzliche Längenmaſs, wovon 10 eine *Ruthe* bilden. Seine Länge beträgt 129,38 par. Linien oder 0,29186 Meter; der *Morgen* Landes hält 40 Quadratruthen und gleicht also 34,073 Aren, die *Klafter* Brennholz von 6 F. Höhe, 6 F. Breite und 3,5 F. Tiefe gleicht 3,1325 Steren. Hieraus ergiebt sich folgende Vergleichung.

Baierische und französische Längenmaſse.

Lin.	par. Lin.	Millim.	Zoll	Millim.	Fuſs	Meter
1	0,89847	2,0268	1	24,3217	1	0,29186
2	1,79694	4,0536	2	48,6433	2	0,58372
3	2,69542	6,0804	3	72,9650	3	0,87558
4	3,59389	8,1072	4	97,2867	4	1,16744
5	4,49236	10,1340	5	121,6083	5	1,45930
6	5,29083	12,1608	6	145,9300	6	1,75116
7	6,28931	14,1876	7	170,2517	7	2,04302
8	7,18778	16,2144	8	194,5733	8	2,33488
9	8,08625	18,2412	9	218,8950	9	2,62674
10	8,98472	20,2681	10	243,2167	10	2,91860
11	9,88319	22,2949	11	267,5383	11	3,21046
12	10,78167	24,3217	12	291,8600	12	3,50232

Französisches und baierisches Längenmaſs.

p. F.	bair. Fuſs	m m.	Linien	ctm.	Zoll	Lin.
1	1,11300	1	0,4934	1	—	4,9339
2	2,22600	2	0,9868	2	—	9,8678
3	3,33900	3	1,4802	3	1	2,8016
4	4,45200	4	1,9735	4	1	7,7355
5	5,56500	5	2,4670	5	2	0,6694
6	6,67800	6	2,9603	6	2	5,6032
7	7,79100	7	3,4537	7	2	10,5371
8	8,90400	8	3,9471	8	3	3,4710
9	10,01700	9	4,4405	9	3	8,4049
10	11,13000	10	4,9339	10	4	1,3387
11	12,24301	11	5,4273	11	4	6,2726
12	13,35601	12	5,9206	12	4	11,2065

Digitized by Google

dcm.	F.	Z.	Lin.	Met.	Fuſs	Met.	Fuſs
1	—	4	1,3387	1	3,4263	11	37,6893
2	—	8	2,6774	2	6,8526	12	41,1156
3	1	—	4,0162	3	10,2789	13	44,5419
4	1	4	5,3549	4	13,7052	14	47,9682
5	1	8	6,6936	5	17,1315	15	51,3945
6	2	—	8,0323	6	20,5578	16	54,8208
7	2	4	9,3711	7	23,9841	17	58,2471
8	2	8	10,7098	8	27,4104	18	61,6734
9	3	1	0,0485	9	30,8367	19	65,0997
10	3	5	1,3872	10	34,2630	20	68,5260

Baierisches und metrisches Feldmaſs.

Mor.	Hektaren	Mor.	Hektaren	Hka.	Morgen	Hka.	Morgen
1	0,34073	6	2,04438	1	2,93488	6	17,60925
2	0,68146	7	2,38511	2	5,86975	7	20,54413
3	1,02219	8	2,72584	3	8,80463	8	23,47900
4	1,36292	9	3,06657	4	11,73950	9	26,41388
5	1,70365	10	3,40730	5	14,67438	10	39,34875

Als übliches Gewicht gilt das baierische *Pfund*, ein Handelsgewicht, deren 100 auf einen *Centner* gehn. Seine Eintheilung ist die gewöhnliche in 32 *Loth*, jedes zu 4 *Quentchen*, und sein Gehalt beträgt 560 Gramme. Das Apothekerpfund hat die gewöhnliche Eintheilung und soll 360 Grammen gleichen.

Baierisches und metrisches Gewicht.

Qt.	Gram.	Lt.	Gram.	Lt.	Gram.	℔.	Kilog.
1	4,38	10	175,0	22	385,0	1	0,56
2	8,75	11	192,5	23	402,5	2	1,12
3	13,13	12	210,0	24	420,0	3	1,68
Lt.	17,50	13	227,5	25	437,5	4	2,24
2	35,00	14	245,0	26	455,0	5	2,80
3	52,50	15	262,5	27	472,5	6	3,36
4	70,00	16	280,0	28	490,0	7	3,92
5	87,50	17	297,5	29	507,5	8	4,48
6	105,0	18	315,0	30	525,0	9	5,04
7	122,5	19	332,5	31	542,5	10	5,60
8	140,0	20	350,0	℔.	560,0	11	6,16
9	157,5	21	367,5	2	1120,0	12	6,72

Digitized by Google

Metrisches und baierisches Gewicht.

Gr.	Quent.	Dkg.	Lt.	Quent.	Hkg.	℔.	Lt.	Quent.
1	0,2286	1	—	2,286	1	—	5	2,857
2	0,4571	2	1	0,571	2	—	11	1,714
3	0,6857	3	1	2,857	3	—	17	0,571
4	0,9143	4	2	1,143	4	—	22	3,429
5	1,1429	5	2	3,429	5	—	28	2,286
6	1,3714	6	3	1,714	6	1	2	1,143
7	1,6000	7	3	3,999	7	1	7	3,999
8	1,8286	8	4	2,286	8	1	13	2,857
9	2,0571	9	5	0,571	9	1	19	1,714

Klg.	℔.	Lt.	Quent.	Klg.	Pfund	Klg.	Pfund
1	1	25	0,571	1	1,78571	10	17,85714
2	3	18	1,143	2	3,57143	11	19,64286
3	5	11	1,714	3	5,35714	12	21,42857
4	7	4	2,286	4	7,14286	13	23,21429
5	8	29	2,857	5	8,92857	14	25,00000
6	10	22	3,429	6	10,71429	15	26,78571
7	12	15	3,999	7	12,50000	16	28,57143
8	14	9	0,571	8	14,28571	17	30,35714
9	16	2	1,143	9	16,07143	18	32,14286

Auch in Baiern dient, wie im südlichen Deutschland überhaupt, die *Maſs* zum Messen der Flüssigkeiten. Sie wird dann gleichfalls in 4 *Schoppen* getheilt, 64 derselben gehn auf 1 *Eimer* und ihr Inhalt soll 43 baierische Decimalzoll betragen, wonach sie also 1,06921728 Litern gleichkommt. Zum Fruchtmaſs dient die *Metze*, deren Inhalt 34⅔ Maſs betragen soll, welches 37,0661963 Litern gleichkommt; 6 solcher Metzen geben 1 *Scheffel*.

Baierische und metrische Flüssigkeitsmaſse.

Sch.	Liter	Ma.	Liter	Ma.	Liter	Ma.	Liter
1	0,2673	17	18,1767	36	38,4918	55	58,8069
2	0,5346	18	19,2459	37	39,5610	56	59,8761
3	0,8019	19	20,3151	38	40,6303	57	60,9454
Ma.	1,0692	20	21,3843	39	41,6995	58	62,0146
2	2,1384	21	22,4536	40	42,7687	59	63,0838
3	3,2076	22	23,5228	41	43,8379	60	64,1530
4	4,2768	23	24,5920	42	44,9071	61	65,2222
5	5,3461	24	25,6612	43	45,9763	62	66,2915
6	6,4153	25	26,7304	44	47,0456	63	67,3607
7	7,4845	26	27,7996	45	48,1148	Eim.	Hektol.
8	8,5537	27	28,8688	46	49,1840	1	0,684299
9	9,6229	28	29,9380	47	50,2532	2	1,368598
10	10,6922	29	31,0073	48	51,3224	3	2,052897
11	11,7614	30	32,0765	49	52,3916	4	2,737196
12	12,8306	31	33,1457	50	53,4608	5	3,421495
13	13,8998	32	34,2149	51	54,5301	6	4,105794
14	14,9690	33	35,2842	52	55,5993	7	4,790093
15	16,0382	34	36,3534	53	56,6685	8	5,474392
16	17,1075	35	37,4226	54	57,7377	9	6,158691

Metrische und baierische Flüssigkeitsmaſse.

Lit.	Maſs	Dkl.	Eim.	Maſs	Hkl.	Eim.	Maſs
1	0,9353	1	—	9,3526	1	1	29,5264
2	1,8705	2	—	18,7053	2	2	59,0527
3	2,8058	3	—	29,0579	3	4	24,5791
4	3,7411	4	—	37,4105	4	5	54,1054
5	4,6763	5	—	46,7632	5	7	19,6318
6	5,6116	6	—	56,1158	6	8	49,1582
7	6,5468	7	1	1,4685	7	10	14,6845
8	7,4821	8	1	10,8211	8	11	44,2109
9	8,4174	9	1	20,1737	9	13	9,7372

Digitized by Google

Baierisches und metrisches Fruchtmaſs.

Met.	Hektol.	Sch.	Hektol.	Hkl.	Sch.	Met.	Kll.	Sch.	Met.
1	0,37066	5	11,11988	1	—	2,70	1	4	2,98
2	0,74132	6	13,34386	2	—	5,40	2	8	5,96
3	1,11199	7	15,56784	3	1	2,09	3	13	2,94
4	1,48265	8	17,79181	4	1	4,79	4	17	5,91
5	1,85331	9	20,01579	5	2	1,49	5	22	2,89
Sch.	2,22398	10	22,23977	6	2	4,19	6	26	5,87
2	4,44795	11	24,46374	7	3	0,88	7	31	2,85
3	6,67193	12	26,68772	8	3	3,58	8	35	5,83
4	8,89591	13	28,91169	9	4	0,28	9	40	2,81

3) Groſsherzogthum Hessen.

Im Groſsherzogthum Hessen geschah es zuerst, daſs dem unangenehmen, aus den vielerlei Maſsen und Gewichten, nicht bloſs der einzelnen Provinzen und Städte, sondern auch für verschiedene Gegenstände in den nämlichen Kaufläden, erwachsenden Uebelstande durch Einführung eines, ganz neuen Systems abgeholfen wurde, weil die Rectificirung eines bereits bestehenden hier nicht genügte. Bei diesem mit groſser Umsicht und vieler Sachkenntniſs zweckmäſsig ausgeführten Geschäfte waren insbesondere (ohne öffentlich genannt zu seyn) die bekannten Gelehrten Schleiermacher und Eckhardt thätig, sorgten auf die mindest drückende Weise für die Austauschung der alten Etalons gegen die neuen und lieſsen namentlich an den Rathhäusern aller bedeutendern Ortschaften eiserne, in Zolle getheilte Ellen befestigen, damit jeder hiernach die Rectificirung selbst vornehmen konnte; auch prüften und berichtigten sie die in der Residenz niedergelegten primitiven Muster[1]. Das neue System hielt so viel wie möglich das Mittel zwischen den vielen bereits bestehenden, behielt

1 Die Angabe und Rechtfertigung des hierbei befolgten Verfahrens, nebst vielen schätzbaren Bemerkungen, findet man in einer kleinen Schrift: Gedrängte Uebersicht des frühern und jetzigen Zustandes des Maas- und Gewichtswesens in dem Groſsherzogthume Hessen. Als Manuscript zu officiellem Gebrauche gedruckt. Darmst. 1820. Sie ist allen denen, welche ein gleiches Geschäft unternehmen wollen, vorzüglich zu empfehlen.

Digitized by Google

die für den praktischen Gebrauch so entschieden bequemen fortgehenden Halbirungen bei und schloſs sich dennoch sehr nahe an das metrische an[1]. Hiernach ist die Einheit des Längenmaſses der *Zoll* von 25 Millimetern, woraus der *Fuſs* zu 10 Zoll = 0,25 Metern oder 110,824 par. Linien und die *Klafter* von 10 Fuſs = 2,25 Meter zusammengesetzt worden ist. Die *Elle* enthält 24 solcher Zoll, weicht hiernach also von der sonst üblichen Gröſse von 2 Fuſs ab, schlieſst sich dagegen um so mehr an das metrische Maſs an, indem sie genau 0,6 Meter beträgt. Zum Flächenmaſse dient der in vier Viertel getheilte *Morgen* von 400 Quadratklaftern, welcher sonach 0,25 Hektaren gleichkommt. Am meisten vom metrischen Systeme abweichend ist das Brennholzmaſs, nämlich der *Stecken* von 100 Kubikfuſs, welcher 1,5625 Steren beträgt, oder 64 Stecken geben 100 Steren, also 1 Stere = 0,64 Stecken. Bei der genauen Uebereinstimmung dieser hessischen mit den metrischen Längenmaſsen scheint mir eine Reductionstabelle auf die metrischen Gröſsen überflüssig und ich beschränke mich daher auf die Vergleichung mit dem pariser Fuſsmaſse.

Hessisches und altfranzösisches Längenmaſs.

Lin.	par.Lin.	Zoll	Z.	Lin.	F.	F.	Z.	Lin. =	Fuſs
1	1,108	1	—	11,08	1	—	9	2,824	0,76961
2	2,216	2	1	10,16	2	1	5	5,648	1,53922
3	3,325	3	2	9,25	3	2	3	8,472	2,30833
4	4,433	4	3	8,33	4	3	—	11,296	3,07844
5	5,541	5	4	7,41	5	3	10	2,120	3,84806
6	6,649	6	5	6,49	6	4	7	4,944	4,61767
7	7,758	7	6	5,58	7	5	4	7,768	5,38728
8	8,866	8	7	4,66	8	6	1	10,592	6,15689
9	9,974	9	8	3,74	9	6	11	1,416	6,92650

1 Die in verschiedenen, bei der Einführung erlassenen Verordnungen enthaltenen Bestimmungen findet man vollständig in dem mehrerwähnten Werke von Chelius S. 194.

Digitized by Google

Pariser und hessisches Längenmaſs.

Lin.	hess. Lin.	Z.	Z.	Lin.	F.	F.	Z.	Lin. =	Fuſs
1	0,902	1	1	0,828	1	1	2	9,94	1,29936
2	1,805	2	2	1,656	2	2	5	9,87	2,59871
3	2,707	3	3	2,484	3	3	8	9,81	3,89807
4	3,609	4	4	3,312	4	5	1	9,74	5,19743
5	4,512	5	5	4,140	5	6	4	9,68	6,49679
6	5,414	6	6	4,968	6	7	7	9,61	7,79615
7	6,316	7	7	5.796	7	9	—	9,55	9,09550
8	7,219	8	8	6,624	8	10	3	9,49	10,39486
9	8,121	9	9	7,452	9	11	6	9,42	11,69422
10	9,023	10	10	8,280	10	12	9	9,36	12,99358
11	9,926	11	11	9,108	11	14	2	9,29	14,29293

Die Einheit des Gewichts ist das *Pfund*, welches genau 0,5 Kilogrammen gleicht, in 32 *Lothe*, jedes zu 4 *Quentchen* getheilt wird; selten rechnet man nach solchen *Richtpfennigen*, deren 16 auf 1 Loth gehn, vielmehr wird letzteres für feine Wägungen in 10000 Theile getheilt. Dieses Pfund also, deren 100 auf 1 *Centner* gehn, ist das nämliche, als das in Frankreich übliche und bereits oben erwähnte, auch auf gleiche Weise abgetheilte, indem 1 Gros genau 1 Quentchen beträgt. Eine Vergleichung dieses Gewichts mit dem metrischen ist für die Zehntausendstel des Lothes und alle Vielfache des Pfundes überflüssig, für die Lothe und Quentchen aber ist sie in folgender Tabelle gegeben.

Hessisches und metrisches Gewicht.

Qt.	Gramm.	Lt.	Gramm.	Lt.	Gramm.	Lt	Gramm.
1	3,90625	6	93,750	15	234,375	24	375,000
2	7,81250	7	109,375	16	250,000	25	390,625
3	11,71875	8	125,000	17	265,625	26	406,250
4	15,62500	9	140,625	18	281,250	27	421,875
Lt.	15,6250	10	156,250	19	296,875	28	437,500
2	31,2500	11	171,875	20	312,500	29	453,125
3	46,875	12	187,500	21	328,125	30	468,750
4	62,500	13	203,125	22	343,750	31	484,375
5	78,125	14	218,750	23	359,375	32	500,000

Digitized by Google

Metrisches und hessisches Gewicht.

Gr.	Quent.	Dkg.	Lt.	Quent.	Hkg.	℔.	Lt.	Qt.
1	0,256	1	—	2,56	1	—	6	1,6
2	0,512	2	1	1,12	2	—	12	3,2
3	0,768	3	1	3,68	3	—	19	0,8
4	1,024	4	2	2,24	4	—	25	2,4
5	1,280	5	3	0,80	5	1	—	0,0
6	1,536	6	3	3,36	6	1	6	1,6
7	1,792	7	4	1,92	7	1	12	3,2
8	2,048	8	5	0,48	8	1	19	0,8
9	2,304	9	5	3,04	9	1	25	2,4

Die Inhaltsmaſse sind gleichfalls mit Beibehaltung der frühern Namen und Abtheilungen den metrischen angepaſst. Als Einheit gilt die *Maſs* von 4 *Schoppen*, welche genau 2 Liter enthält; 4 solcher Maſse geben 1 *Viertel* und 20 Viertel die *Ohm*, deren 10 auf ein *Fuder* gerechnet werden. Für Früchte ist das *Gescheid* der Maſs an Inhalt gleich und wird gleichfalls in 4 Theile, nämlich *Mäſschen* getheilt; 4 Gescheid geben 1 *Kumpf*, 4 Kumpf 1 *Simmer* und 4 Simmer 1 *Malter*, welche Gröſsen insgesammt zu den metrischen in einfachen Zahlen-Verhältnissen stehn.

Hessische und metrische Flüssigkeits-maſse.

Sch.	Lit.	Vi.	Lit.	Vi.	Lit.	Vi.	Hkl.	Ohm	Hkl.
1	0,5	1	8	8	64	15	1,20	3	4,8
2	1,0	2	16	9	72	16	1,28	4	6,4
3	1,5	3	24	10	80	17	1,36	5	8,0
Ma.	2	4	32	11	88	18	1,44	6	9,6
2	4	5	40	12	96	19	1,52	7	11,2
3	6	6	48	13	104	Ohm	1,6	8	12,8
4	8	7	56	14	112	2	3,2	9	14,4

Digitized by Google

Metrisches und hessisches Flüssigkeits-maſs.

Lit.	Maſs	Dkl.	Viert.	Hkl.	Ohm	Kll.	Ohm	Kll.	Ohm
1	0,5	1	1,25	1	0,625	1	6,25	10	62,50
2	1,0	2	2,50	2	1,250	2	12,50	11	68,75
3	1,5	3	3,75	3	1,875	3	18,75	12	75,00
4	2,0	4	5,00	4	2,500	4	25,00	13	81,25
5	2,5	5	6,25	5	3,125	5	31,25	14	87,50
6	3,0	6	7,50	6	3,750	6	37,50	15	93,75
7	3,5	7	8,75	7	4,375	7	43,75	16	100,00
8	4,0	8	10,00	8	5,000	8	50,00	17	106,25
9	4,5	9	11,25	9	5,625	9	56,25	18	112,50

Hessisches und metrisches Kornmaſs.

Mä.	Lit.	Ge.	Lit.	Ku.	Lit.	Si.	Hkl.	Mal.	Hkl.	Mal.	Hkl.
1	0,5	1	2	1	8	1	0,32	2	2,56	6	7,68
2	1,0	2	4	2	16	2	0,64	3	3,84	7	8,96
3	1,5	3	6	3	24	3	0,96	4	5,12	8	10,24
4	2,0	4	8	4	32	4	1,28	5	6,40	9	11,52

Metrisches und hessisches Kornmaſs.

Dkl.	Si.	Kum.	Hkl.	Mal.	Si.	Kum.	Kll.	Mal.	Si.	Ku.
1	—	1,25	1	—	3	0,5	1	7	3	1
2	—	2,50	2	1	2	1,0	2	15	2	2
3	—	3,75	3	2	1	1,5	3	23	1	3
4	1	1,00	4	3	—	2,0	4	31	1	—
5	1	2,25	5	3	3	2,5	5	39	—	1
6	1	3,50	6	4	2	3,0	6	46	3	2
7	2	0,75	7	5	1	3,5	7	54	2	3
8	2	2,00	8	6	1	0,0	8	62	2	—
9	2	3,25	9	7	—	0,5	9	70	1	1

4) Groſsherzogthum Baden.

In den zum Groſsherzogthume Baden vereinigten Provinzen waren gleichfalls eine unglaubliche Menge verschiedener Maſse und Gewichte üblich, insbesondere solcher, die zum Messen der Früchte dienen. Um der hieraus entstehen-

den Verwirrung überhoben zu seyn, bearbeitete M. F. Wild[1] in Gemäſsheit eines ihm gegebenen Auftrages, die bestehenden Maſse zu prüfen, einen ausführlichen Plan zur Einführung allgemeiner Maſse und Gewichte, die mit Beibehaltung der meisten gangbaren Namen und Eintheilungen den metrischen möglichst nahe kommen sollten. In Folge dieser Vorschläge wurde am 10. Nov. 1810 eine Verordnung bekannt gemacht, wonach die in jenem Entwurfe empfohlenen Maſse und Gewichte im ganzen Groſsherzogthume eingeführt werden sollten, allein der damals zugleich beginnende Krieg gegen Ruſsland und andere Ursachen hinderten die Ausführung des Gesetzes. Es erschien aber unter dem 21. Aug. 1828 abermals eine Verordnung, wodurch die eben erwähnte erneuert und die Einführung des darin angegebenen Maſssystems mit dem Anfange des nächsten Jahres befohlen wurde. In der Ausführung zeigten sich zwar manche Schwierigkeiten, welche die bestimmten Termine etwas zu verlängern nöthigten, allein mit dem Schlusse des Jahres 1830 war das ganze Geschäft beendigt, dessen oberste Leitung unter Aufsicht des Ministeriums des Innern der Oberdirection des Wasser- und Straſsenbaues übertragen war. Da das ganze Maſssystem von dem metrischen entlehnt worden ist, so scheint man die höchstscharfe Feststellung der Urmaſse für überflüssig gehalten zu haben, indem die ersten Normalmaſse von pariser Mechanikern verfertigt und zunächst von diesen entnommene in Carlsruhe, Manheim und Freiburg niedergelegt wurden. Von diesen erhalten dann alle gröſseren Aemter ihren Eich-Apparat, wonach die legalen Maſse bestimmt werden[2].

Die Einheit der Länge ist der *Fuſs* von 0,3 Meter Länge, welcher in 10 Zolle, der *Zoll* in 10 Linien, die *Linie* in 10 Puncte getheilt wird. 2 solche Fuſs geben die *Elle*, 6 das *Klafter* und 10 die *Ruthe*. Unter den hierdurch gegebenen Flächenmaſsen ist der *Morgen* Landes zu 400 Quadratruthen bestimmt, so daſs 100 Quadratruthen ein *Viertel*

1 Ueber allgemeines Maas und Gewicht aus den Forderungen der Natur, des Handels, der Polizei und der gegenwärtig noch üblichen Maase und Gewichte abgeleitet u. s. w. Freib. 1809. 2 Bde. 8.

2 Neue Maas- und Gewichtsordnung für das Groſsherzogthum Baden. Carlsr. u. Freib. 1829. 4.

Digitized by Google

geben. Hieraus ergiebt sich also, daſs der Fuſs = 0,3 Metern = 132,9888 par. Linien, die Elle = 0,6 Metern = 265,9776 par. Linien oder 1 Fuſs = 11 Z. 0,9888 Lin. par. Maſs ist, der Morgen Landes aber 0,36 Hektaren gleicht. Das Holzmaſs ist die *Klafter* von 6 Fuſs Höhe, 6 F. Breite und 4 F. Tiefe, beträgt also 144 Kubikfuſs und gleicht 3,888 Steren. Als Einheit des Gewichts ist das *Pfund* angenommen, welches genau 0,5 Kilogrammen gleicht und zehntheilig in Rechnungen den *Stein* = 10 ℔., den *Centner* = 100 ℔. giebt, abwärts aber in *Zehnlinge*, *Centaſs*, *Dekaſs* und *Aſs* getheilt wird[1], für den Verkehr jedoch durch Halbirungen in *Mark*, *Vierling*, *Halbvierling*, *Unze*, *Loth*, *Halbloth*, *Quentchen*, *Halbquentchen* und dann nach Vierteln in *Pfenning*, *Karat*, *Gran*, *Gränchen* und *Richttheil*, so daſs die Mark 65536, das Pfund aber 131072 solcher Richttheile enthält. Dieses ist die bekannte, auf fortgesetzten Halbirungen beruhende Eintheilung der Mark, welche allerdings wohl zur Vergleichung verschiedener Gewichte, selten oder niemals dagegen in Rechnungen gebraucht worden ist und in dieser neuen Bestimmung ihren Werth vollends dadurch verliert, daſs die hieraus hervorgehenden Richtpfennige dem Gehalte nach ganz andere sind, als die der eigentlichen Cölnischen Mark. Nach der Valvirung nämlich verhält sich das neue badische Gewicht zu dem in der Münze noch beibehaltenen Cölnischen Gewichte wie 100000 zu 93456. Eine Ausnahme von dem gesetzlichen allgemeinen Gebrauche des neuen Gewichts ist bloſs bei der Verfertigung der Recepte in den Officinen gestattet, indem hierbei das bisher übliche sogenannte Apothekergewicht mit seiner bekannten Abtheilung angewandt wird, welches sich zum Handelsgewichte wie 365450 zu 510719 verhält. Die Decimaleintheilung ist dagegen vollständig beibehalten in den unter einander gleichen und nur verschieden benannten Hohlmaſsen flüssiger und trockner Substanzen, für welche die Maſs als Einheit gilt. Die Maſs enthält $\frac{1}{18}$ neubadische Kubikfuſs oder 1,5 Kubik-Decimeter, also 1,5 Liter, wonach die Re-

1 Diese Eintheilung ist so wenig in Gebrauch, daſs man sie überall kaum dem Namen nach kennt, und es wird in der Regel nur nach ganzen, halben und Viertel-Pfunden, dann nach Lothen, halben Lothen und Quentchen gerechnet.

Digitized by Google

duction auf das neufranzösische System leicht bewerkstelligt wird. Die Vielfachen und die Theile dieser Normaleinheit sind dann:

Früchte		Flüssigkeiten		Maſs
Zuber	=	Fuder	=	1000
Malter	=	Ohm	=	100
Malter	=	Stütze	=	10
Mäſslein	=	Maſs	=	1
Becher	=	Glas	=	0,1

Daneben sind für den praktischen Gebrauch bei Früchten der doppelte und halbe *Sester*, das doppelte und halbe *Mäſslein*, für Flüssigkeiten aber die halbe *Maſs*, die Viertelmaſs oder der *Schoppen* und der halbe Schoppen gestattet.

Alle diese Gröſsen stehn mit den metrischen in so einfachem Verhältnisse, daſs es mir überflüssig scheint, beide zur leichtern Uebersicht tabellarisch zusammenzustellen; es findet dieses aber nicht statt zwischen dem badischen und dem alten pariser Fuſsmaſse, desgleichen zwischen dem badischen und metrischen Feld- und Holzmaſsen, weswegen ich hiervon Vergleichungen mittheile.

Badisches und pariser Längenmaſs.

Lin.	p. Lin.	Z.	Z.	Lin.	Fuſs	F.	Z.	Lin. =	Fuſs
1	1,330	1	1	1,299	1	—	11	0,99	0,92353
2	2,660	2	2	2,598	2	1	10	1,98	1,84707
3	3,990	3	3	3,897	3	2	9	2,97	2,77060
4	5,320	4	4	5,196	4	3	8	3,96	3,69413
5	6,649	5	5	6,494	5	4	7	4,94	4,61767
6	7,979	6	6	7,793	6	5	6	5,93	5,54120
7	9,309	7	7	9,092	7	6	5	6,92	6,46473
8	10,639	8	8	10,391	8	7	4	7,91	7,38827
9	11,970	9	9	11,700	9	8	3	8,90	8,31180

Digitized by Google

Pariser und badische Längenmaſse.

Lin.	Bad. Lin.	Z.	Z.	Lin.	Fuſs	F.	Z.	Lin. =	Fuſs
1	0,7519	1	—	9,02	1	1	—	8,28	1,082798
2	1,5039	2	1	8,05	2	2	1	6,56	2,165596
3	2,2558	3	2	7,07	3	3	2	4,84	3,248393
4	3,0078	4	3	6,09	4	4	3	3,12	4,331192
5	3,7597	5	4	5,12	5	5	4	1,40	5,413990
6	4,5117	6	5	4,14	6	6	4	9,68	6,496788
7	5,2636	7	6	3,16	7	7	5	7,96	7,579585
8	6,0155	8	7	2,19	8	8	6	6,24	8,662383
9	6,7675	9	8	1,21	9	9	7	4,52	9,745181
10	7,5194	10	9	0,23	10	10	8	2,80	10,827979
11	8,2714	11	9	9,26	11	11	9	1,08	11,910777

Badische und metrische Maſse.

Mor.	Hekt.	Hkt.	Morgen	Kl.	Stere	Ste.	Klafter
1	0,36	1	2,7778	1	3,888	1	0,2571
2	0,72	2	5,5556	2	7,777	2	0,5143
3	1,08	3	8,3333	3	11,666	3	0,7714
4	1,44	4	11,1111	4	15,555	4	1,0286
5	1,80	5	13,8889	5	19,444	5	1,2857
6	2,16	6	16,6667	6	23,333	6	1,5429
7	2,52	7	19,4444	7	27,222	7	1,8000
8	2,88	8	22,2222	8	31,111	8	2,0572
9	3,24	9	25,0000	9	35,000	9	2,3143

5) Allgemeinere deutsche Gewichte.

Ein sehr allgemein nicht bloſs in Deutschland, sondern auch in vielen andern Ländern Europas und noch weiterhin, verbreitetes Gewicht ist das sogenannte *Apothekergewicht* mit seiner überall gleichen Eintheilung, nämlich

Pfund ℔.	Unze ℥.	Drachme ʒ.	Scrupel ℈.	Gran gr.
1	12	96	288	5760
	1	8	24	480
		1	3	60
			1	20

Dieses Pfund selbst stammt zwar ursprünglich von den Römern her, wie bereits oben bei der Angabe der römischen Gewichte bemerkt worden ist, wird aber in den neuern Zeiten

Digitized by Google

meistens das *Nürnberger Silbergewicht* genannt, indem es von Nürnberg aus am meisten verbreitet wurde und sich erweislich daselbst seit drei Jahrhunderten unveränderlich erhalten hat. Ungeachtet der Gleichmäſsigkeit seiner Eintheilung ist dasselbe jedoch nicht an allen Orten dem Gehalte nach gleich, ja wenn man auf die hierbei sehr wohl erreichbare Schärfe sieht, selbst an denen nicht, wo es gesetzlich gleich seyn sollte, weil die meisten im Handel von Nürnberg her erhaltenen Exemplare oder die ihnen nachgebildeten nicht mit der erforderlichen Genauigkeit abgeglichen sind. Weil jedoch diese letztern Abweichungen nur gering und selbst auch die Unterschiede des Medicinalgewichts in solchen Staaten, wo das eigentliche Nürnberger Gewicht nicht gesetzlich eingeführt worden ist, wohl aber die Eintheilung desselben besteht, von dem ächten Nürnberger nicht groſs sind, so wäre es allerdings sehr wünschenswerth, wenn durch allgemeine Uebereinkunft dieses Gewicht überall gleich gemacht würde, um namentlich bei wissenschaftlichen Bestimmungen gebraucht zu werden. Damit dieses anschaulicher werde, zugleich auch um eine in mehrfacher Hinsicht nützliche Erleichterung zu geben, theile ich eine tabellarische Vergleichung des ächten Nürnberger Medicinalgewichts und des metrischen mit und füge alsdann die mir bekannt gewordenen Abweichungen von dieser Norm in andern Staaten hinzu[1].

Wie schwer das eigentliche Nürnberger Medicinalgewicht sey, ist zu verschiedenen Zeiten vielfach untersucht worden, inzwischen erwähne ich nur die neuesten Bemühungen um diese Aufgabe, nämlich von Eytelwein und Hauschild. Ersterer[2] prüfte ein vom Magistrate in Nürnberg selbst erhaltenes Normalpfund vom Jahre 1786 und fand dasselbe 357,56686 Grammen gleich, letzterer[3] aber erhielt durch vielfache Vergleichungen und Prüfungen der genauesten Musterstücke die

1 In dem groſsen metrologischen Werke von Friedrich Löhmann, welches mir zu spät bekannt wurde, um es bei der Bearbeitung dieses Art. zu benutzen, befinden sich auch Tafeln der Medicinal- und Apothekergewichte aller Länder und freien Städte in Europa. Leipz. 1832. 4. Sie sind sehr vollständig und genau.

2 Vergleichung der in den königl. preuſs. Staaten eingeführten Maſse und Gewichte. 2te Aufl. Berlin. 1810. S. 128.

3 Maſs- und Gewichtsbuch S. 60, 312 u. a. a. O.

Digitized by Google

eigentliche Gröſse desselben = 357,854 Grammen, welche Gröſse ich daher hier beibehalte.

Medicinal- und metrisches Gewicht.

Gr.	Milligr.	Gr.	Gramm.	ʒ.	Gramm.	℥.	Kilogr.
1	62,12743	14	0,869784	4	14,910583	9	0,2683905
2	124,25486	15	0,931911	5	18,638229	10	0,2982117
3	186,38229	16	0,994039	6	22,365875	11	0,3280328
4	248,50972	17	1,056166	7	26,093521	12	0,3578540
5	310,63715	18	1,118294	8	29,821167	lb.	0,3578540
6	372,76458	19	1,180421	℥.	29,821167	2	0,7157080
7	434,89201	20	1,242548	2	59,642333	3	1,0735620
8	497,01944	℈.	1,242548	3	89,463500	4	1,4314160
9	559,14687	2	2,485097	4	119,28467	5	1,7892700
10	621,27431	3	3,727646	5	149,10583	6	2,1471240
11	683,40174	ʒ.	3,727646	6	178,92700	7	2,5049780
12	745,52917	2	7,455292	7	208,74816	8	2,8628320
13	807,65660	3	11,182937	8	238,56933	9	3,2206860

Metrisches und Medicinal-Gewicht.

Gr.	ʒ.	℈.	gr.	Dkg.	℥.	ʒ.	℈.	gr.	Hkg.	lb.	℥.	ʒ.	℈.	gr.
1	—	—	16,096	1	—	2	2	0,959	1	—	3	2	2	9,595
2	—	1	12,192	2	—	5	1	1,919	2	—	6	5	1	19,190
3	—	2	8,288	3	1	—	—	2,878	3	—	10	—	2	8,785
4	1	—	4,384	4	1	2	2	3,838	4	1	1	3	—	18,380
5	1	1	0,480	5	1	5	1	4,797	5	1	4	6	—	7,975
6	1	1	16,576	6	2	—	—	5,757	6	1	8	—	2	17,570
7	1	2	12,677	7	2	2	2	6,716	7	1	11	3	2	7,165
8	2	—	8,768	8	2	5	1	7,676	8	2	2	6	1	16,760
9	2	1	4,864	9	3	—	—	8,635	9	2	6	1	1	6,355

Die in den verschiedenen Staaten üblichen Medicinalgewichte sämmtlich auf das metrische in ihren einzelnen Theilen zurückzuführen scheint mir für den Plan unsers Werkes zu viel Raum zu erfordern, indeſs will ich von den hauptsächlichsten den Werth des Pfundes in Grammen angeben und die Abweichung derselben von dem ächten Nürnberger oder dem eigentlichen Medicinalgewichte hinzufügen.

Digitized by Google

	Gramme.		Unterschied
Eigentl. Medicinalgewicht nach Hauschild	357,85400	+	0,00000
Dasselbe nach Eytelwein . . .	357,56686	—	0,28714
Franzöſisches von 12 Unzen . .	375,00000	+	17,14600
Englisches Troy-Gewicht . . .	373,23400	+	15,38000
Wiener[1]	420,00890	+	62,15490
Preuſsisches	350,78360	—	7,07040
Schwedisches[2]	425,01040	+	67,15640
Dänisches und Norwegisches . .	357,66878	—	0,18522
Russisches	357,84300	—	0,01100
Niederländisches	375,00000	+	17,14600
Würtembergisches	357,64700	—	0,20700
Baierisches	360,00000	+	2,14600
Groſsh. Hessisches	357,85400	+	0,00000

Nicht ganz so allgemein, aber gleichfalls weit verbreitet ist die sogenannte *Cölnische Mark* oder das Silbergewicht. Als nämlich lange vor der Reformation die Stadt und das Erzbisthum Cöln einer von den Hauptpuncten war, von wo aus nicht bloſs in Handelssachen, sondern auch für Indulgenzen u. s. w. bedeutende Rimessen nach Italien gingen, das gemünzte Metall aber wegen mangelnder fester Münzordnung keinen bestimmten Realwerth hatte, war es nothwendig, ein gewisses Gewicht zum Abwägen des Goldes und Silbers festzusetzen, und dieses war die in Cöln befindliche Mark. Bekanntlich wurde diese auch später nicht bloſs in Deutschland, sondern auch in verschiedenen andern Staaten bei den Münzen als Einheit zum Grunde gelegt, und es läſst sich die hierbei statt findende Norm leicht überblicken, wenn man nur berücksichtigt, daſs namentlich in Deutschland die Einheit der Münzen im wirklichen oder nominalen Gulden (*Reichsgulden*) gegeben worden ist, deren ein und ein halber den meistens nur nominalen, aber auch wirklichen Thaler (*Reichsthaler*) geben. Hieraus entstehn dann die verschiedenen sogenannten Fuſse, als der eigentliche *Reichs-* oder *Leipziger-Fuſs*, wonach

1 Nach einer genauen Wägung einer Copie durch Chelius wiegt das Wiener Medicinal-Pfund 420,045 Gramme. Oben ist jedoch die im Texte befindliche Gröſse angenommen worden.

2 Vergl. Ann. of Phil. I. 457.

Digitized by Google

die Mark feines Silber (die Legirung von Kupfer wird nie gerechnet) zu 18 Gulden[1], der baierische oder *Conventions-fuſs*, wonach sie zu 20 Gulden, der nominale (bloſs in der Scheidemünze reale) *rheinische Fuſs*, wonach sie zu 24 Gulden, und der *Graumann'sche* oder *preuſsische Fuſs*, wonach sie zu 21 Gulden ausgeprägt wird. Man sollte vermuthen, ein so wichtiges Stück, als hiernach die Cölnische Mark war, sey mit gröſster Sorgfalt aufbewahrt worden, aber man hatte ehemals von einer solchen, der jetzigen Zeit eigenthümlichen pünctlichen Genauigkeit keinen Begriff, und daher wurden hauptsächlich erst neuerdings, seitdem Stadt und Gebiet Cöln den preuſsischen Staaten einverleibt war, genauere Untersuchungen über die ächte Cölnische Mark, wie schwer sie 1524 beim Anfange eines geregelteren Münzfuſses gewesen seyn möge, angestellt. Zur Vergröſserung der Ungewiſsheit kam noch der Umstand, daſs Augsburg theils als Handels- und Wechselplatz, theils wegen des Verárbeitens und Münzens von Gold und hauptsächlich von Silber frühzeitig im Besitze der Cölnischen Mark war, welche unter dem Namen der *Augsburger Mark* in verschiedene Münzorte überging. So wurde namentlich bei dem in Augsburg 1761 und 1762 gehaltenen Münzprobationstage von Seiten des fränkischen, baierischen und schwäbischen Kreises beschlossen, dem *österreichisch-baierischen Conventions-Münzfuſse* beizutreten und 20 Gulden aus der Augsburger Mark zu münzen, die mit der Cölnischen für identisch galt. Bei näherer Untersuchung fand man aber die in der Stadt befindlichen Muttergewichte nicht mit einander übereinstimmend, konnte also auch nicht ausmitteln, welches das ächte sey, und nahm daher bis zu weiterer, nachher aber in Vergessenheit gerathener Untersuchung einen wohlerhaltenen silbernen Richtpfennig aus dem Stadtarchive einstweilen als richtig an. Vorzüglich hat sich Eytelwein in den neuesten Zeiten um die Auffindung der ächten Cölnischen Mark bemüht, dabei aber ganz unübersteigliche Hindernisse gefunden, indem sich kein Muttergewicht auffinden läſst, dessen absolute Aechtheit verbürgt werden kann, die verschiedenen vorhandenen aber weder unter sich, noch auch deren Theile mit den

1 Dieser existirt noch wenig gangbar in den ehemaligen Hannöverischen, Meklenburger u. s. w. $\frac{2}{3}$ Stücken oder Cassen-Gulden.

ganzen übereinstimmmen[1]. Inzwischen wurde Chelius durch höhern Auftrag bewogen, das eigentliche Gewicht der Cölnischen Mark auszumitteln, und dieser fand dieselbe aus zahlreichen Vergleichungen mit einer Genauigkeit, welche wohl nicht weiter gebracht werden kann, 233,75 Grammen oder 65478 Richtpfennigen gleich, statt daſs sie 65536 Richtpfennige schwer seyn sollte. Sie ist sonach um 58 Richtpfennige leichter, als die Augsburger Münzmark, aber auch diese ist nach den durch Chelius angestellten Vergleichungen nicht in allen Münzstätten gleich. Unter andern fand er eine aus Dresden erhaltene sogenannte Augsburger Mark = 235,734 Grammen oder 66033,75 Richtpfennigen, eine Augsburger Cölnische Mark 234,03 Grammen oder 65556 Richtpfennigen, eine aus der Münze in München erhaltene Augsburger Cölnische Mark = 65534 Richtpfennigen, eine aus der königl. Münze in Stuttgart erhaltene Augsburger Cölnische Mark, eine Copie der von 1694, = 65510 Richtpfennigen, eine Copie des Wiener Münzgewichts = 233,887 Grammen oder 65516,7 Richtpfennigen[2]. Indem aber die geprägten Münzen nicht überall das gehörige Gewicht mit gröſster Schärfe erhalten, die Marken in zwei Hauptmünzstätten, der Wiener und der Berliner, wo auf volles Gewicht mit gröſster Sorgfalt geachtet wird, von der ächten Cölnischen nur unmerklich abweichen (denn die Berliner Münzmark wiegt 233,8555 Gramme) und es nützlich seyn würde, das Münzgewicht allgemein, mindestens aber in Deutschland übereinstimmend zu erhalten, welches durch genaue Copieen des scharf bestimmten metrischen Gewichts am leichtesten erreichbar seyn würde, so füge ich die Eintheilung der Cölnischen Mark und eine Vergleichung der ächten mit den metrischen Gewichten hier bei. Die Mark nämlich enthält 16 Loth, das Loth 4 Quint, das Quint 4 Pfennige, und da die Mark im Ganzen in 65536 Richtpfennigtheile getheilt wird, so gehn auf 1 Pfennig 256 Richtpfennigtheile.

---

1 Eytelwein's Abhandlungen in d. Berlin. Denkschriften 1812 und 1819.

2 Chelius Maſs- und Gewichtsbuch S. 52, 344 u. a. a. O.

Digitized by Google

Cölnisches Mark- und metrisches Gewicht.

Rpf.	Millig.	Pf.	Gram.	Lt.	Gram.	Lt.	Kilog.
1	3,5667	1	0,91309	5	73,04688	15	0,21914
2	7,1335	2	1,82617	6	87,65625	Mrk.	0,23375
3	10,7002	3	2,73926	7	102,2656	2	0,46750
4	14,2670	Qt.	3,65234	8	116,8750	3	0,70125
5	17,8337	2	7,30469	9	131,4844	4	0,93500
6	21,4004	3	10,95703	10	146,0937	5	1,16875
7	24,9762	Lt.	14,60938	11	160,7031	6	1,40250
8	28,5339	2	29,21875	12	175,3125	7	1,63625
9	32,1007	3	43,82813	13	189,9219	8	1,87000
10	35,6674	4	58,43750	14	204,5313	9	2,10375

Metrisches und Cölnisches Münzgewicht.

mg.	Rtpfthl.	gr.	Qt.	Pfenn.	Hkg.	Mk.	Lt.	Qt.	Pfen.
1	0,28037	1	—	1,09519	1	—	6	3	1,519
2	0,56074	2	—	2,19037	2	—	13	2	3,037
3	0,84110	3	—	3,28556	3	1	4	2	0,556
4	1,12147	4	1	0,38075	4	1	11	1	2,075
5	1,40184	5	1	1,47594	5	2	2	—	3,594
6	1,68221	6	1	2,57112	6	2	9	—	1,112
7	1,96258	7	1	3,66631	7	2	15	3	2,631
8	2,24294	8	2	0,76150	8	3	6	3	0,150
9	2,52331	9	2	1,85668	9	3	13	2	1,668
10	2,80368	10	2	2,95187	10	4	4	2	0,187

k) Italieniſche Maſse und Gewichte.

Nur wenige italienische Staaten haben ein genau bestimmtes Maſs- und Gewichtssystem und selbst da, wo Verordnungen hierüber vorhanden sind, darf man sich nicht mit Gewiſsheit auf die Angaben verlassen, weil es noch zu sehr an der gehörigen polizeilichen Auſsicht zur Aufrechthaltung der Gesetze fehlt. Daneben können die erforderlichen sichern Bestimmungen nur durch eigene Prüfung genauer Musterstücke ermittelt werden, welche ohne ganz eigenthümliche Verbindungen gar nicht zu erhalten sind. Aus diesen Gründen, und weil die Sache nicht von sehr groſser Wichtigkeit ist, beschränke ich mich nur auf wenige Staaten, in denen geregeltere Systeme mindestens vorschriftsmäſsig bestehn, und stütze

ich mich hierbei auf die Angaben von Chelius und Kelly[1], welche die nähern Quellen benutzt und ächte Musterstücke geprüft haben.

1) In Turin[2] ist das Längenmaſs der *Piede liprando*, welcher in 12 Once, die Oncia in 12 Punti, der Punto in 12 Atomi getheilt wird und 0,513766 Metern gleicht. Der piede manuale von 8 Once gleicht 0,34251 Metern, die Pertica oder Ruthe zum Feldmaſs gleicht 6,1652 Metern, die Giornata aber, von 100 Tavole, 38,0096 Aren. Als Gewicht dient die Libbra, deren 25 einen Rubbo geben, welche in 12 Once, die Oncia in 8 Ottavi, der Ottavo in 3 Denari, der Denaro in 24 Grani, der Grano in 24 Granotti getheilt ist und 368,8445 Grammen gleicht. Hierneben besteht die Libbra Medicinalgewicht, mit seiner gewöhnlichen Eintheilung in 12 Once, 8 Dramme, 3 Scrupoli und 20 Grani, =307,3704 Grammen; die Marca von 8 Once = 245,8963 Grammen. Als Flüssigkeitsmaſs dient die Brenta, deren 10 ein Carro geben, die Brenta von 36 Pinte, die Pinta von 2 Boccali, der Boccale von 2 Quartini, und es gleicht die Brenta 49,28468 Litern; als Fruchtmaſs dient der Sacco von 5 Emine, die Emina von 8 Coppi, der Coppo von 24 Cucchiari, und es gleicht der Sacco 115,0278 Litern.

2) In Mailand[3] ist durch eine Verordnung vom 27. Oct. 1803 das französische Maſssystem mit italienischen Namen eingeführt worden, welches nach Kelly im Rechnungswesen gebraucht

1 Le Cambiste universel, ou Traité complet des Changes, Monnaies, Poids et Mesures cet. par Kelly, traduit et calculé aux unités françoises sur la seconde édit. Augmenté etc. Par. 1823. II Voll. 4. Das Original, wovon seitdem schon die 3te Ausgabe erschienen ist, besitze ich nicht, auch habe ich mich nicht sehr darum bemüht, weil es ungeachtet seiner groſsen Autorität in England, indem alle englische Consuln vom Gouvernement aufgefordert worden sind, dem Verfasser die genauesten Nachrichten zukommen zu lassen, doch in seinen Angaben nicht zuverlässig ist.

2 Die Angaben hierüber sind von Chelius entlehnt aus Saggio del nuovo Sistema metrico cet. di A. M. Vassalli-Eandi. Ed. terza. Torino 1806. 8.

3 Von Chelius entnommen aus Istruzione su le Misure e su i pesi, che si usano nel Regno d'Italia. (von Oriani) ed. sec. Milano 1806. 8.

Digitized by Google

wird, während im gemeinen Leben das ältere beibehalten worden ist. Es genügt daher bloſs, die italienischen Namen anzuführen, nämlich Metro = Meter, Palmo = Decimeter, Dito = Centimeter, Atomo = Millimeter; Libbra = Kilogramm, Oncia = Hektogramm, Grosso = Dekagramm, Denaro = Gramm, Grano = Decigramm; auch ist der Quintale = 100 Libbre. Auf gleiche Weise ist Soma = Hektoliter, Mina = Dekaliter, Pinta = Liter, Coppo = Deciliter.

3) Neapel hat ein in der neuesten Zeit revidirtes metrologisches System, indem 1811 eine Commission zur Vergleichung der bestehenden Maſse und Gewichte mit den metrischen eingesetzt wurde, bei welcher Cagnazzi hauptsächlich thätig war[1]. Hiernach beträgt der Palmo 0,26367 Meter und enthält 12 Once von 5 Minuti zu 2 Punti, die Canna aber miſst 8 Palmi. Zum gewöhnlichen Wägen dient die Libbra von 12 Once, die Oncia zu 30 Trappesi, der Trappeso zu 20 Acini, die Libbra = 320,759 Grammen; für schwerere Sachen dient der Rotolo = 890,997 Grammen und der Cantaro von 100 Rotoli. Für Flüssigkeiten dient der Carro von 2 Botti, die Botte zu 12 Barili, der Barile von 60 Caraffe. Der Barile gleicht 43,6216 Litern, die Caraffa also 72,7027 Centilitern, im Kleinverkauf hält sie jedoch nur 60,0419 Centiliter und das Quarto Oelmaſs 61,9534 Centiliter. Als Fruchtmaſs dient der Tomolo von 4 Quarti, der Quarto von 6 Misure, der Tomolo = 55,234 Litern. Nach den Angaben in Kelly's Werke zu schlieſsen sind in Sicilien die nämlichen Maſse und Gewichte mit einigen Abweichungen der Theile und Vielfachen üblich.

4) Der Groſsherzog Leopold von Toscana schaffte durch ein Gesetz vom 11. Juli 1782 alle Localmaſse ab, bestimmte dagegen die allgemein gültigen, lieſs diese durch eine eigene Commission mit den metrischen vergleichen und Musterstücke derselben im Archive niederlegen[2]. Hiernach ist das gesetz-

---

1 Das bereits erwähnte Werk desselben: Ueber den Werth der Maſse und Gewichte der alten Römer u. s. w. Eine in der Königl. Akademie zu Neapel vorgelesene Abhandlung von Lukas de Samuele Cagnazzi. Kopenh. 1828. ist von Chelius benutzt worden.

2 Von Zach monatl. Corr. Th. XXI. S. 226. Daraus verbessert in Chelius S. 147. 330.

Digitized by Google

liche Längenmaſs der Braccio da panno = 0,58366 Metern, welche in 20 Soldi, der Soldo in 12 Denari getheilt wird; der Passetto hält 2 Bracci, die Canna 5. Das Pfund oder die Libbra uniforme Toscana, welche als Handels-, Silber- und Medicinalgewicht gilt und 339,542 Grammen gleicht, hat 12 Once, die Oncia 24 Denari, der Denaro 24 Grani. Beim Apothekergewichte liegt zwischen diesen noch die Dramma von 3 Denari oder Scrupoli, deren also 8 auf eine Oncia gehn. Das Normalmaſs für Flüssigkeiten ist der Barile, welcher beim Weine in 2 Mezzobarili, jeder zu 10 Fiaschi, der Fiascho zu 4 Mezzette, die Mezzetta zu 2 Quartucci getheilt wird und 45,584 Litern gleicht; beim Oele aber hat der Barile gleichfalls 2 Mezzobarili, jeden zu 8 Fiaschi, der Fiasco zu 4 Mezzette, und gleicht 33,4289 Litern. Das Fruchtmaſs ist der Stajo von 2 Mine, die Mina von 2 Quarti, das Quarto von 8 Mezzette oder 16 Quartucci, der Stajo = 24,36286 Litern.

5) Im Jahre 1811 untersuchte eine eigens ernannte Commission die römischen Maſse und Gewichte, und da sich Kelly[1] bei seinen Angaben auf die vom englischen Consul in Rom erhaltenen und von ihm selbst geprüften Musterstücke bezieht, so glaube ich seine Angaben als zuverlässig annehmen zu dürfen. Hiernach gleicht der Piede Romano 0,297895 Metern, die Canna mercantile 1,99 Metern und wird in 8 Palmi oder 24 Parti getheilt, die Canna der Feldmesser dagegen gleicht 2,234 Metern, wird in 10 Palmi, der Palmo in 12 Once, die Oncia in 5 Minuti oder 10 Decimi getheilt. Für den Handel, das Silber und die Medicinalwaaren ist nur einerlei Gewicht gebräuchlich, aber mit einigen abweichenden Eintheilungen. Das Handels- und Silbergewicht, die Libbra Romana, enthält 12 Once, 288 Denari oder 6912 Grani und gleicht 339,121 Grammen; es giebt ferner drei verschiedene Centner oder Cantaro, nämlich von 100 ℔., 160 und 250 ℔. Das Medicinalpfund hat, wie in Florenz, 12 Once, die Oncia zu 8 Dramme oder 24 scrupoli oder 576 Grani. Für Flüssigkeiten dient gleichfalls der Barile, welcher beim Weine 32 Boccali und 128 Fogliette enthält und 58,3416 Litern gleicht; Halbirungen sind bei diesen Maſsen gleichfalls in Gebrauch

1 A. a. O. S. 376.

Digitized by Google

und 16 Barili machen 1 Botta. Beim Oele enthält der Barile 28 Boccali, 112 Fogliette und 448 Quartucci und gleicht 57,4806 Litern; auſserdem giebt es für den Verkauf im Groſsen die Soma von 2 Pelli oder Mastelli, von 20 Cugnatelle und 80 Boccali, welche 164,23 Litern gleicht. Als Kornmaſs dient der Rubbio = 294,46 Litern, welcher in 4 Quarte, 22 Scorzi und 88 Quartucci oder auch in 12 oder 16 Stari getheilt wird.

l) Portugiesische Maſse und Gewichte.

Die portugiesischen Maſse und Gewichte, welche zugleich in Brasilien gelten, sind von Kelly[1] mit groſser Schärfe und nach geprüften Mustern angegeben worden, weswegen ich sie hier mittheile, da sie nicht selten vorkommen und das genannte kostbare Werk nicht weit verbreitet ist.

Das normale Längenmaſs für das ganze Königreich ist der *Palmo de Craveira*, welcher in 8 *pollegadas*, jede von 12 *linhas*, die linha von 10 *puntos* getheilt ist. Solcher 1,5 palmos geben 1 *Pe* von 12 pollegadas, jede von der nämlichen Abtheilung, und im Werthe 0,3285 Metern gleichend. Die Elle, *Vara*, gleicht 5 Palmos de Craveira oder 1,096 Metern, die Handelselle, *Covado*, soll eigentlich 3 Palmos halten, hält aber als avantejados (im guten Maſse) 24,75 pollegadas oder 0,6771 Meter. Alle diese werden im Gebrauche in Halbe und Viertel getheilt, und stellt man sämmtliche Längenmaſse zusammen, so giebt dieses folgende Gröſsen.

4 *graõs* (Gerstenkörner neben einander)	=	1 dedo (Fingerbreit)
1,5 *dedo*	=	1 pollegada (Zoll)
8 *pollegadas*	=	1 palmo
1,5 *palmo* oder 12 pollegadas . . .	=	1 pe (Fuſs)
2 *pes* oder 3 palmos	=	1 covado (Cubitus, Elle)
1⅔ *covados*, 5 palmos, 40 pollegadas	=	1 Vara (natürlicher Schritt)
1,5 *vara* oder 60 pollegadas . . .	=	1 passo geometrico
1,5 *passo geometrico* oder 80 pollegadas	=	1 braça
117$\frac{1}{10}$ *braças*	=	1 estudio (Stadium)

1 A. a. O. Th. I. S. 272.

8 *estudios* . . . . = 1 milha (Meile)
3 *milhas* oder 28168 palmos . . . = 1 legoa (Art Lieue)
18 *legoas* . . . . = 1 grau (Grad im Meridian).

Das Feldmaſs ist minder genau bestimmt und man berechnet den Inhalt gewöhnlich nach der Menge des erforderlichen Saatkorns. Am gebräuchlichsten ist die Quadrat-Vara und eine Fläche von 4840 Quadrat-Varas = 5,817 Decaren heiſst *Geira*.

Für alle Gegenstände, Silber, Medicinalwaaren und Handelsartikel, giebt es in Portugal nur einerlei Gewicht, aber mit verschiedenen Unterabtheilungen und Vielfachen. Das Handelsgewicht, *Arratel* (auch *libra*, Pfund) hat 2 *Marcos*, 4 *Quartas*, 16 *Onças*, 128 *Outavas*, 9216 *Graõs* und gleicht 458,92 Grammen. Ferner machen 32 *Arrateis* 1 *Arroba*, 4 Arrobas oder 128 Arrateis 1 *Quintal*, 13,25 Quintals oder 54 Arrobas 1 *Tonelada*. Das Quintal der Indischen Kammer hält aber nur 3,5 Arrobas oder 112 Arreteis. Das Silbergewicht ist die Mark, *Marco*, von 8 *Onças*, 64 *Outavas*, 192 *Escropulos*, 4608 *Graõs* und gleicht 229,46 Grammen; die Eintheilung ist also die nämliche, als beim Medicinalgewichte, ausgenommen daſs bei letzterm das Pfund 1,5 Marcos, also 12 Onças, 96 Outavas, 288 Escropulos und 6912 Graõs hat, mithin in der Eintheilung dem italienischen ganz gleich ist.

Das Hauptmaſs für Flüssigkeiten ist der *Almude* von 2 *Potes*, 12 *Canadas* und 48 *Quartillos*, an Inhalt = 16,541 Litern. Aufsteigend machen 18 Almudes 1 *Barril*, 26 Almudes 1 *Pipa*, 52 Almudes oder 2 Pipas 1 *Tonelada*. Für trockne Sachen ist das Hauptmaſs der *Moyo* von 15 *Fangas*, 60 *Alquires*, 240 *Quartos*, 480 *Oitavas* und 1920 *Selemines*, deren viele halbirt werden. Der Moyo ist so viel als 8,1395 Hektoliter, beide Inhaltsmaſse sind jedoch nicht in allen Häfen gleich und ebenso gewiſs nicht im ganzen Königreiche, obgleich die hier angegebenen, zunächst für Lissabon gültigen Werthe die normalen oder gesetzlichen für das ganze Land sind.

m) Spanische Maſse und Gewichte.

Spanien hat ein sehr geregeltes Maſssystem, indem die Musterstücke in den Hauptstädten des Reichs niedergelegt,

Digitized by Google

Copieen davon aber durch das ganze Land verbreitet sind. Das Urmaſs für Längen ist in Burgos, für trockne Substanzen in Avila, für Flüssigkeiten in Toledo, für Gewichte aber in den Archiven der Cortes in Madrid. Hierneben giebt es aber noch verschiedene Provinzialmaſse, auch sind die für ächt geltenden Copieen nicht überall völlig gleich, wie Kelly namentlich bei der Prüfung der verschiedenen erhaltenen Gewichte fand.

Die Einheit des Längenmaſses ist der Fuſs, *Pie de Burgos*, von 12 *Pulgadas*, 144 *Lineas*, welcher 0,2826 Metern gleicht. Neben diesem ist in Gebrauch der *Palmo* von 9 Pulgadas oder 12 *Dedos*. Die Elle, *Vara*, hält 3 Pies oder 4 Palmos und gleicht also 0,8478 Metern; die *Braza* oder *Toesa* hat 2 Varas, der *Passo* 5 Pies, der *Estadal* 4 Varas, die *Cuerda* 8,25 Varas. Das Feldmaſs ist wenig geregelt und daher sehr verschieden, meistens aber bestimmt man den Flächeninhalt der Felder nach Fanegas, jede zu 400 Quadrat-Estadales oder 6000 Quadrat-Varas, was dann 45,97 Aren gleichkommt. Als Gewichtseinheit ist die Mark zu betrachten, welche die Cölnische seyn soll, auch *Marco de Burgos* (auch die Castilische Mark) genannt wird und nach genauer Prüfung der besten Copieen 230,043 Grammen gleicht. Es besteht dann das Pfund Handelsgewicht, *Libra*, aus 2 *Marcos* oder 16 *Onças*, die Onça aus 8 *Ochavos* oder 16 *Adarmes* oder 576 *Granos*, und ist so viel als 460,086 Gramme; 25 Libras geben 1 *Arroba* und 4 Arroben 1 *Quintal.* Für Gold und Silber dient gleichfalls die *Mark von Castilien*, welche beim Golde in 50 *Castellanos*, 400 *Tomines* und 4800 *granos*, beim Silber aber in 8 Onças, 64 Ochavos, 128 Adarmes, 384 Tomines und 4608 Granos getheilt wird. Das Medicinalgewicht enthält im Pfunde 12 Onças und wie gewöhnlich wird die Unze in 8 Ochavos, 24 *Escrupulos*, 48 *Obolos*, 144 *Carateros* und 576 *Granos* getheilt.

Das Fundamentalmaſs für Flüssigkeiten ist die *Arroba* oder *Cantara*, und zwar für Wein durch das ganze Königreich die groſse Arrobe, nach dem Mustermaſse in Toledo 1237½ spanische Kubikzolle oder 34 Castilische Pfund Fluſswasser enthaltend, wonach sie also 16,073 Litern gleichzusetzen ist. Sie wird eingetheilt in 8 *Azumbres* und 32 *Quartillos*, 16 Arroben geben aber 1 *Moyo*. Von ihr unterscheidet

Digitized by Google

sich die kleine Arrobe für Oel, welche nach dem gleichfalls in Toledo befindlichen Mustermaſse $966\frac{2}{3}$ spanische Kubikzolle oder 26 Pfund 9 Unzen reines Wasser enthalten soll, welches 25 Pfunden Oel und 12,63 Litern gleichkommt. Sie wird eingetheilt in 4 *Quartillos* und 100 *Quarterones* oder *Panillas*. Auſserdem giebt es in einigen Provinzen noch die *Botta*[1] von 30 Arroben Wein und 38,5 Arroben Oel, auch die *Pipe* von 27 Arroben Wein und 34,5 Arroben Oel. Für trockene Sachen ist als Hauptmaſs die *Fanega* anzusehn. Sie soll 4322,75 spanische Kubikzolle enthalten, ist also 0,563 Hektolitern gleich, wird in 12 *Celemines* und letztere durch wiederholte Halbirungen getheilt; 12 Fanegas geben 1 *Cahiz*.

Eine Menge anderer Maſsbestimmungen, die sich namentlich in Kelly's Werke finden, glaube ich ganz mit Stillschweigen übergehn zu dürfen. Dahin gehören auch die durch Gosselin[2] mitgetheilten Angaben über die indischen und chinesischen Maſse und Gewichte, die ich jedoch um so weniger mittheile, als sie von den durch Kelly bekanntgemachten Bestimmungen sehr abweichen. Ungleich mehr Interesse haben die in den nordamericanischen Freistaaten eingeführten Maſsbestimmungen, welche noch obendrein kürzlich durch ein Gesetz genau bestimmt sind, jedoch vorläufig nur für den Staat New-York, während in den übrigen die wenig hiervon abweichenden englischen noch gültig sind. Nach diesem Gesetze[3] soll im ganzen Staate nur einerlei Maſs und Gewicht gültig seyn. Dieses hat als Fundamentalgröſse das am 4. Juli 1826 genau regulirte *Yard*, welches zum einfachen Secundenpendel nach den Messungen in Columbia-Colledge zu Newyork unter 40° 42′ 43″ N. B., auf den Meeresspiegel und den Schmelzpunct des Eises reducirt, mit einer messingnen Stange gemessen sich wie eine Million zu 1086141 verhält, und das Urmaſs ist in der Verwahrung des Staats-Secretärs. Ganz nach der englischen Einrichtung enthält das

1 Botta ist auſserdem ein in Spanien sehr gebräuchlicher Name für ungleich groſse Flaschen aus einer Thierhaut mit einem verkorkten Mundstücke.

2 Mém. de l'Inst. Roy. Acad. des Inscr. T. VI. Par. 1822. 4. p. 148.

3 Mitgetheilt in Quarterly Journ. of Science, Liter. and Art. N. Ser. Nr. VI. p. 319.

Digitized by Google

Yard 3 Fuſs mit Duodecimal-Eintheilung, statt daſs das Yard im Handel durch fortgesetzte Halbirungen getheilt wird. Die Ruthe (*Rod, pole, perch*) hält 5 *Yards*, das *Furlong* 220. Die Bestimmung des Flächeninhalts der Länder geschieht nach Morgen (*Acres*) von 16 Ruthen Länge und 10 Ruthen Breite, also 160 Quadratruthen oder 4840 Quadrat-Yards, welches genau einen englischen *Acre* ausmacht. Das Gewicht geht vom Pfunde aus, dessen Gröſse so bestimmt ist, daſs 1 Kubikfuſs Wasser im Puncte seiner gröſsten Dichtigkeit mit messingnen Gewichten im leeren Raume gewogen genau 62,5 Pfunde wiegt. Ein solches Pfund wird in 16 Unzen getheilt, deren also 1000 dem Gewichte eines Kubikfuſses Wasser gleichen. Dieses Pfund ist sehr genau das englische Avoir-du-poids-Pfund. Als Normalmaſs für Flüssigkeiten und nicht gehäufte trockne Substanzen dient der *Gallon*, welcher im Spiegel des Meeres und bei mittlerem Luftdrucke gewogen 10 ℔. Wasser im Puncte seiner gröſsten Dichtigkeit hält. Die von hier ausgehenden Maſse sind nach fortgehenden Halbirungen absteigend halber *Gallon*, *Quart*, *Pint*, halbe *Pint* und *Gill*, und durch Verdoppelung aufsteigend *Peck*, halber *Bushel* und *Bushel*, wonach letzterer 80 ℔. Wasser enthält. Sowohl dieser Bushel, als auch die Bestimmungen über seine Form und das Aufhäufen für trockne Substanzen, welche auf diese Weise gemessen werden, sind wie in England, doch müssen die Sachen so hoch gehäuft werden, als sie zulassen. Uebrigens ist alles Nöthige geschehn, um die Urmaſse gehörig aufzubewahren, überall richtige Copieen zu haben und gleichförmiges Maſs und Gewicht gesetzlich zu unterstützen[1].

M.

---

1 Ein ausführliches Werk über Maſse und Gewichte ist: Le Régulateur, ou Traité complet des poids, mesures etc. par *F. Hortolan.* Naples 1830. II voll. 8. Es ist jedoch meistens aus Kelly entlehnt und steht den Werken von Löhmann und Chelius weit nach. Ausführlichere Untersuchungen über Maſs und Messungen überhaupt, als hier aufgenommen werden konnten, finden sich in H. W. Dove über Maſs und Messen oder Darstellung der bei Zeit-, Raum- und Gewichtsbestimmungen üblichen Maſse, Meſsinstrumente und Meſsmethoden, nebst Reductionstafeln. Berlin 1835. 8. Dieses Werk wurde mir erst nach der Vollendung dieses Art. bekannt.

Digitized by Google

Masse.

Wir verstehn unter Masse eines Körpers die Menge seiner materiellen Bestandtheile und schreiben dem mehr Masse bei gleichem Volumen zu, den wir für dichter, dessen körperliche Theile als enger zusammengedrängt ansehn; aber da es uns an einem directen Mittel fehlt, diese körperlichen Theile ihrer Menge nach zu bestimmen, so bedienen wir uns andrer Hülfsmittel, um die Gröſse der Masse kennen zu lernen. Bei Körpern auf der Erde beurtheilen wir die Masse nach dem Gewichte und eine im luftleeren Raume angestellte oder nach bekannten Regeln von dem Einflusse des Abwägens in der Luft befreite Bestimmung des Gewichts sehn wir als die Masse des Körpers angebend an, so daſs wir ein Pfund Gold und ein Pfund Kork oder selbst ein Pfund Luft als gleich viel Masse enthaltend ansehn. Ganz sicher ist diese Gleichsetzung nicht, indem gar wohl bei einer gleichen Menge der Theile der eine Körper mehr, der andre minder von der Erde könnte angezogen werden, so wie das Eisen mehr als jeder andre Körper von Magnet angezogen wird; aber da die Geschwindigkeit des freien Falles und die Bewegung des Pendels gleich zu seyn scheint, der fallende Körper oder das Pendel bestehe aus noch so verschiedenartigen Materien, so haben wir bis jetzt keinen Grund, gegen diese Bestimmung Zweifel zu erheben.

Etwas anders verhält es sich mit den Bestimmungen der Masse der Planeten, diese lernen wir aus der Gröſse der von ihnen ausgeübten Anziehungskraft kennen, indem wir den Grundsatz annehmen, daſs die Attraction proportional der Masse sey, und daran die Schlüsse knüpfen, die in Beziehung auf die von Monden begleiteten Planeten im Artikel *Gravitation*[1] angegeben worden sind. Für diejenigen Planeten, welche keine Monde haben, ist die Gröſse ihrer Einwirkung auf andere Planeten das einzige Mittel, zu bestimmen, wie groſs ihre anziehende Kraft sey; diese Bestimmung ergiebt sich aus den Beobachtungen und es sollte nun die aus der Gröſse der anziehenden Kraft

1 Bd. IV. S. 1645.

gefolgerte Masse gleich herauskommen, welche beliebige Störungen, die ein Planet, z. B. Jupiter, im Laufe des einen oder des andern Planeten hervorbringt, man dabei zum Grunde legen möchte. Diese Gleichheit scheint aber nicht statt zu finden, sondern die Attraction, welche Jupiter auf den Saturn ausübt, scheint eine etwas andere zu seyn, als die, welche er auf Juno ausübt, und insofern scheint hier also die Behauptung, daſs wir die Massenverhältnisse der Planeten kennen, nicht ganz zulässig, sondern die Attraction scheint von derselben Planetenmasse ungleich mächtig auf den einen und auf den andern Planeten ausgeübt zu werden. Ein Beispiel zu dieser Behauptung giebt Jupiter, dem man nach den Abmessungen der Bahnen seiner Monde eine Masse $= \frac{1}{1067,09}$ glaubte beilegen zu müssen, der nach der Einwirkung auf Saturn eine Masse $= \frac{1}{1070,5}$ zu haben scheint und dessen Masse Nicolai[1] aus den Beobachtungen der Juno (mit welchen Gauss's Untersuchungen über Pallas übereinstimmen), $= \frac{1}{1053,924}$ findet. Merkwürdig würde es hierbei seyn, wenn die zwischen Mars und Jupiter laufenden Planeten sich als gleichartig in Beziehung auf diese Anziehung zeigten. Daſs eine solche ungleiche Anziehung einer Masse, ungleich wegen der Verschiedenartigkeit der Körper, auf welche sie ausgeübt wird, nicht unwahrscheinlich sey, hat J. T. Mayer[2] schon früher geäuſsert.

B.

Materie.

Materia; Matière; *Matter.*

Materie ist nach der allgemeinsten Bedeutung des Wortes die wesentliche Grundlage alles Vorgestellten. In diesem Sinne sagt man: sich über gewisse Materien unterhalten, auch be-

---

1 Astr. Jahrb. 1826. S. 226. 1827. S. 137.

2 Comment. de affinitate chemica corporum coelestium. In Comm. Soc. Reg. Gott.

Digitized by Google

ruht hierauf der Unterschied der Materie und der Form. Dieser allgemeine Begriff gehört jedoch zunächst in die Philosophie und nicht speciell zur Physik, indem diese letztere Wissenschaft vielmehr von allem, was bloſs vorgestellt und gedacht wird, ebenso wie von allem, was geistig ist, gänzlich abstrahirt, dagegen aber die Materien ganz eigentlich in den Bereich ihrer Untersuchungen zieht. Hiernach ist nämlich die Materie der Inbegriff alles dessen, was sinnlich wahrnehmbar ist, was entweder an sich, oder durch seine Wirkungen, einen Eindruck auf die Sinne macht, mithin die objective Grundlage der gesammten Naturforschung, und wenn man zugesteht, daſs mit Ausschluſs alles dessen, was zur Geisterwelt gerechnet wird, keine Kraft selbstständig existiren kann, so bietet die ganze Natur oder die Körperwelt nur Materie mit verschiedenen ihr eigenthümlichen Kräften dar. Hierüber war man von jeher fast allgemein einverstanden, insofern namentlich jeder Körper für räumlich begrenzte Materie gehalten wurde. Inzwischen muſste es bald auffallen, daſs die äuſsern Gegenstände gröſstentheils unaufhörlich Gestalt und Beschaffenheit wechseln, welches daher schon früh die Frage veranlaſste, was denn die Materie an sich oder ihrem Wesen nach sey, wodurch sie ihren Ursprung, ihre Existenz, erlangt habe und welche Ursachen den mannigfaltigen Wechsel bei derselben bedingen möchten. Die Beantwortung dieser Fragen hat von den ältesten Zeiten an eine Menge Untersuchungen veranlaſst, durch welche jedoch bis jetzt noch kein anderes Resultat herbeigeführt worden ist, als die Ueberzeugung, daſs wir das eigentliche Wesen der Materie nicht kennen und vielleicht überall zu erforschen auſser Stand sind. Je weniger fruchtbar daher alle die zahlreichen Speculationen bis jetzt waren, um so mehr kam man zu der Ueberzeugung, daſs es unnütz sey, so viele Zeit und Mühe darauf zu verwenden; man achtete sie weniger und richtete seine Aufmerksamkeit mehr auf die Erforschung der erkennbaren Naturgesetze, ja selbst die Geschichte der frühern Forschungen verlor viel von ihrem Interesse, und ich darf daher mit Zuversicht auf allgemeine Billigung rechnen, wenn ich auch *hier* nur die wichtigsten Elemente und die erforderlichen literärischen Nachweisungen zusammenstelle, ohne mich auf eine ausführliche Darstellung aller verschiedenen Meinungen einzulassen. Diesemnach wird es genügen, wenn ich zuerst eine

Digitized by Google

geschichtliche Uebersicht der verschiedenen aufgestellten Hypothesen mittheile und demnächst angebe, was die bedeutendsten Physiker der neuesten Zeit unter Materie verstehn[1].

1) Man darf im Allgemeinen annehmen, daſs die ältesten Naturphilosophen die in den verschiedenen Körpern, also auch in der ganzen Auſsenwelt, vorhandene Materie als etwas Gegebenes betrachteten, die Veränderungen der Dinge aber gröſstentheils als eine Folge von Verdichtungen ansahn, indem die einfache Grundlage der Körperwelt entweder das Wasser oder das Feuer oder eine dem letztern ähnliche ätherische Substanz seyn sollte. Die Perser und namentlich die Magier hielten das Feuer für den Urstoff aller Dinge[2], die Indier und Aegyptier das Wasser[3], und es ist wahrscheinlich, daſs Thales von Milet (610 v. C. G.) seine bekannte Hypothese von letztern entlehnte[4], unter dessen Schülern jedoch schon Anaximenes (550 v. C. G.) der Luft den Vorzug gab. Bald nachher stellte Anaxagoras (470 v. C. G.) die Hypothese der *Homoeomerieen* oder gleichartigen Theilchen auf; am meisten Aufsehn aber erregte das System des Pythagoras (550 v. C. G.), wonach die vier Stoffe, Feuer, Luft, Wasser und Erde, als Elemente aller Körper zu betrachten sind, wenn man von demjenigen abstrahirt, was nach ihm die *Monas*, *Dyas* u. s. w. und seine abstracten Zahlenbestimmungen für eine Bedeutung haben mögen. Die Lehre von den vier Elementen hat sich bis zu den spätesten Zeiten herab erhalten und nur einige wenige nach ihm aufgestellte Hypothesen verdienen eine kurze Erwähnung.

Heraklit (502 v. C. G.) und Xenophanes (480 v. C. G.) blieben im Ganzen der Hypothese des Pythagoras getreu, unter den Schülern des letztern aber scheint Empedokles (440 v. C. G.) noch feinere Elemente, als die genannten, ange-

---

1 Ausführlich über die ältern Systeme, dann aber hauptsächlich über die chemische Atomenlehre, wird gehandelt in: An Introduction to the Atomic Theory, comprising a sketch of the opinions entertained by the most distinguished ancient and modern philosophers with respect to the Constitution of Matter. By Charles Daubeny cet. Oxf. 1831.

2 P. Bayle Dict. Art. Matière.

3 Strabo L. XV. Diog. Laert. in Prooem.

4 Diog. Laert. Lib. I. Plut. de Plac. Phil. L. I.

Digitized by Google

nommen zu haben. Leucipp[1] (502 v. C. G.) war der erste, welcher höchst ſeine, verschieden gestaltete und ihrem Wesen nach verschiedene Atome, die den gesammten Raum erfüllen oder vielmehr darin zerstreut seyn sollten, als Grundlage aller Körper betrachtete, denen er dann eine geradlinige Bewegung beilegte, in Folge deren die gleichartigen sich vereinigen muſsten, während die heterogenen, insbesondere die leichtern, in weite Räume gelangten. Fast ein Jahrhundert später erweiterte Demokrit (420 v. C. G.) diese Hypothese, noch mehr aber Epikur (345 — 274 v. C. G.), welcher den Namen der *Atome* einführte, hierdurch die Untheilbarkeit und somit die Unveränderlichkeit dieser Elemente aussprach und ihnen zugleich eine Bewegung in verschiedenen Richtungen beilegte, weil ohne diese eine Vereinigung derselben unstatthaft seyn muſste. Man hat dieses System mit Recht das atomistische genannt, indem seine Wesenheit hauptsächlich darauf beruht, daſs nach demselben die gesammten Körper durch das Zusammentreffen gleichartiger Theilchen in Folge ihrer ursprünglichen Bewegung gebildet werden und daſs die Beschaffenheit der Atome zugleich die Eigenschaften der daraus zusammengesetzten Körper bedingt. Die Hypothese von untheilbaren Körperelementen oder Atomen liegt übrigens so nahe bei der Sache und folgte so einfach und unmittelbar aus der Theilbarkeit der Körper, daſs Cudworth[2] sie mit Recht für älter hält, als die Zeiten des Leucipp und Epikur, und daſs sie diesen zugeschrieben wurde, beruht hauptsächlich auf der systematischen Form, worein sie dieselbe brachten. Auſserdem scheint Epikur sich hauptsächlich bemüht zu haben, die Eigenschaften der verschiedenen Körper auf die Gestalt der Atome zurückzuführen, ohne überall wirkende Kräfte anzunehmen, auſser der Schwere, welche jedoch von der ursprünglich ihnen eigenthümlichen Bewegung unabhängig seyn sollte.

2) Die Hypothese des Epikur fand vielen Beifall und wurde in erweiterter systematischer Gestalt durch Lucretius Carus[3] dargestellt, in einem mehr philosophischen Gewande

1 Diog. Laert. Lib. IX.

2 Systema intellectuale ed. Mosheim. Jen. 1733. fol. T. I. p. 9.

3 De rerum natura. Ed. Wakefield. Lond. 1796.

Digitized by Google

durch Gassendi[1]. Am meisten Aufsehn erregte in den neuesten Zeiten das System de Le Sage[2], nach welchem die Materie aus Atomen besteht, die durch eine eigenthümlich mit ihnen verbundene Potenz, einen gewissen ätherischen Stoff, bewegt werden. Nimmt man diese Hypothese, die auſser etwa Prevost[3] kaum irgend einen Anhänger gefunden hat, in ihrer ganzen Strenge, so werden alle Kräfte, wenigstens alle ursprüngliche oder Grundkräfte, aus der Natur verbannt; aber es scheint mir überflüssig, selbst nur die Ideen des Le Sage und die Anwendungen, welche er selbst und Prevost auf die Naturerscheinungen davon gemacht haben, näher anzugeben.

3) Die Meinungen der ältesten Philosophen über das Wesen der Materie findet man gröſstentheils in der Physik des Aristoteles[4] angegeben, allein es ist schwer, in wenigen Worten zusammenzufassen, was dieser scharfsinnige speculative Philosoph selbst unter Materie verstand, indem seine Untersuchungen über die Natur sich zu tief in das Gebiet der bloſsen Abstraction verlieren. Es war nämlich den ältern Philosophen mehr darum zu thun, schulgerechte Schlüsse über ideelle Principien aufzustellen, als die gegebene Natur bestimmt aufzufassen und die Gesetze der Auſsenwelt aus ihr selbst zu entnehmen. So scharfsinnig daher auch alle die Sätze seyn mögen, welche Aristoteles über Seyn und Werden, über Zeit und Raum, über das Begrenzte und Unbegrenzte, Bewegung und Ruhe, Dichtes und Leeres aufstellte, so zeigt sich doch auffallend, daſs er das eigentliche Wesen der Materie nicht erfaſst hatte, indem er die vier Elemente, Feuer, Luft, Wasser und Erde, als Grundlage aller Körper annahm. Dieser letztere Satz war daher die Hauptsache, welche die spätern

1 Syntagma philos. Epicuri. Opp. T. III. Lugd. 1658. fol.

2 Lucrèce Newtonien in Nouveaux Mém. de l'Acad. Roy. de Berlin. 1782. p. 404. De l'origine des forces magnétiques par Prevost. Genev. 1788. T. I. chap. 2.

3 Deux Traités de physique mécanique publiés par P. Prevost, comme simple éditeur du premier (von Le Sage) et comme auteur du second. Genève et Par. 1818. 8.

4 Am vorzüglichsten hierüber ist: Aristoteles Physik. Uebersetzt und mit Anmerk. begleitet von C. H. Weisse. Leipz. 1829. 1 Bd. 8.

Digitized by Google

Anhänger dieses philosophischen Systems aus demselben in die Erklärung der Naturgesetze übertrugen, nachdem Pyrrho (336 v. C. G.) alle objective Realität geleugnet hatte und die spätern Scholastiker sich in spitzfindige Streitigkeiten verwickelten, unter denen die der Realisten und Nominalisten mit gröſster Heftigkeit geführt wurden. Ein Hauptsatz der scholastischen Naturphilosophie ist ferner die Zusammensetzung aller Körper aus materiellen Theilchen, die mit gewissen Kräften (ποιότητες von ποιεῖν machen, bewirken) begabt seyn sollten, welche Cicero[1] *qualitates* nannte und die Scholastiker für verborgene, unbekannte (*occultas*) ausgaben, weil das Wesen derselben ebenso wenig als das der Materie ergründet werden kann. Man begreift bald, daſs es gar nicht schwer seyn kann, alle vorkommende Erscheinungen zu erklären, wenn man sie auf solche unbekannte Kräfte zurückführt.

4) Die naturphilosophischen Untersuchungen beginnen eine neue und wichtige Epoche mit Cartesius. Ist nach diesem der Mensch völlig frei von aller positiven Erkenntniſs, so wird er beim Anfangen seines Bewuſstseyns zur Ueberzeugung von seiner Existenz als der eines denkenden Wesens gelangen (*cogito, ergo sum*) und somit sich selbst von der Auſsenwelt, das Geistige vom Körperlichen oder Materiellen unterscheiden, indem ihm jenes als einfach, dieses als zusammengesetzt erscheint. Man hat seinem Systeme wegen des Gegensatzes zwischen Geist und Materie den Namen des *Dualismus* gegeben. Die Materie besteht nach Cartesius aus Atomen, die an sich und ihrem Wesen nach zwar untheilbar sind, dem Begriffe nach aber als theilbar vorgestellt werden können, weil sie ausgedehnt seyn müssen. Ihm ist nämlich die Ausdehnung eine so wesentliche Bedingung der Materie, daſs er die Existenz und selbst die Möglichkeit eines leeren Raumes gänzlich leugnet, indem der Raum erst durch die Ausdehnung der Materie gegeben wird, mit der Wegnahme der letztern aber bloſs eine Negation bleibt, die dann unmöglich etwas Reelles, etwas Wirkliches seyn kann.

Cartesius[2] war in einem hohen Grade atomistischer Phi-

---

1 Qu. Acad. I. 7. De nat. Deor. II. 37.

2 Principia philosophiae. In Opp. Amst. 1692. IV voll. 4. T. II. Ueber die Meinungen der ältesten Philosophen, über das System des

Digitized by Google

Joseph. Nach ihm bestand alle Materie anfänglich aus gleich groſsen Theilchen, allein durch ihre Bewegung und Reibung an einander wurden sie ungleich und bildeten im Allgemeinen drei unterschiedene Classen. Die feinsten Partikelchen wurden am weitesten in gerader Richtung fortgeschleudert und bildeten die Sonne nebst den Fixsternen, die nächst gröbern und noch theilbaren bewegten sich in schiefen Bahnen und dienten zur Bildung des Himmels und der Wirbel, die gröbern endlich, zur Bewegung minder geeigneten und verschieden gestalteten, muſsten sich vereinigen und die Erde nebst den Planeten und Kometen erzeugen. Obgleich aber unsere Erde aus diesen gröbern Theilen der dritten Classe hauptsächlich zusammengesetzt ist, so enthält sie doch in ihrem Innern und auf ihrer Oberfläche noch eine Menge der feinern, die ihr ohnehin von der Sonne stets zuströmen. Cartesius ging sogar so weit, daſs er die Eigenthümlichkeiten des Feuers, des Wassers und selbst zusammengesetzter in ihren Eigenschaften sehr verschiedener Körper aus seiner Hypothese von den drei ungleich feinen Elementen zu erklären versuchte[1]. Diese Elemente sind zwar im eigentlichen Sinne Atome, unterscheiden sich jedoch von denen der ältesten Philosophen wesentlich darin, daſs sie noch theilbar sind, sich nicht im leeren Raume befinden, an sich keine Schwere haben, sondern diese erst durch ihre Lage und Bewegung gegen einander erhalten, und daſs ihre Vereinigung zu den verschiedenen Körpern nach ganz andern Gesetzen erfolgt. Wie wenig übrigens diese bloſs hypothetischen Fictionen mit den Erscheinungen in der Natur übereinstimmen, fällt ohne Weiteres von selbst in die Augen.

5) Als ein Gegner des Cartesius kann Robert Boyle[2] betrachtet werden. Nach diesem liegt allen Körpern nur eine und dieselbe ausgedehnte theilbare und undurchdringliche Urmaterie zum Grunde und die Verschiedenheiten, welche wir wahrnehmen, sind Folgen der ungleichen Gröſse, Gestalt, der Ruhe, der Bewegung und der gegenseitigen Lage, wonach es

---

Cartesius und die Einwürfe seiner Gegner handelt ausführlich Colini Mac-Laurini expositio philosophiae Newtonianae. Lib. I.

1 Vergl. *Geologie.* Bd. IV. S. 1242.

2 On the usefulness of experimental philosophy. Oxf. 1671. 4.

also überall keine unveränderlichen Elemente giebt. Boyle berief sich hierbei auf Resultate der Erfahrung, die er durch verschiedene Versuche erhalten haben wollte, und legte überhaupt der empirischen Forschung einen gröſsern Werth bei, als der speculativen; allein schwerlich können jene zu der Folgerung berechtigt haben, daſs es überall keine unveränderliche Materie gebe. Diesem entgegengesetzt war Woodward's[1] Meinung. Nach diesem war die vom Schöpfer geschaffene Materie ursprünglich verschieden und wurde sogleich nach ihrem Entstandenseyn in verschiedene Arten von Körperchen getheilt, die hinsichtlich ihrer Bestandtheile, Schwere, Härte, Elasticität und selbst der äuſsern Gestalt unterschieden waren, aus deren vielfachen Verbindungen dann die groſse Menge der mannigfaltig sich unterscheidenden Körper hervorging.

6) Newton[2] hält sich in seiner Naturphilosophie zwar möglichst weit von aller bloſs metaphysischen Speculation entfernt, allein im Ganzen geht aus seinen Darstellungen unverkennbar hervor, daſs nach ihm die Materie aus verschwindend kleinen Theilchen oder Atomen besteht, ohne jedoch über deren Ursprung oder eigentliche Beschaffenheit irgend ein Urtheil auszusprechen. Was er hierüber sagt, ist meistens als Frage in seiner Optik enthalten, also überall nicht einmal als dogmatischer Satz ausgedrückt, inzwischen führen hierauf seine bekannten Behauptungen, daſs die Gravitation der Menge materieller Theilchen in einem Körper proportional sey und *daſs* überhaupt die bewegende Kraft durch die Masse bestimmt werde. Hiernach muſs man den Atomen Ausdehnung, Undurchdringlichkeit, Härte und Trägheit, als allgemeine Eigenschaft aber die Attraction beilegen, auch streitet Newton's System gegen den vollen Raum des Cartesius und den falschen Begriff, daſs Ausdehnung und Materie einerlei sey, ohne sich jedoch auf eine Erklärung über das eigentliche Wesen der Materie und der ihr eigenthümlichen Anziehungskraft einzulassen.

1 An Essay towards the natural history of the Earth. Lond. 1733. 8.

2 An verschiedenen Stellen in seinen Werken, namentlich Optice ed. Clarke. p. 327. Vergl. Colini Mac-Laurini Expositio philosophiae Newtonianae. Lib. II. seq.

Digitized by Google

Der groſse Beifall, womit die Philosophie des Cartesius aufgenommen wurde, muſste eine gewisse Art der Ueberzeugung herbeiführen, als ob die Natur der Dinge an sich mit Hintansetzung der Erfahrung durch bloſse Speculation erkannt werden könne. Weil aber die Resultate der abstracten Speculation mit den Ergebnissen der sinnlichen Wahrnehmungen nicht übereinstimmten und die bloſse Betrachtung der Naturkörper ihr eigentliches Wesen nicht zu enthüllen vermochte, so führte dieses zum Idealismus, welcher daher dem Systeme des Des Cartes unmittelbar folgte. Malebranche[1] stellte den Satz auf, daſs die sinnlichen Anschauungen auf einem bloſsen Scheine beruhten, alle unsere Vorstellungen aber nur Ideen seyen, die durch die Gottheit im Menschen hervorgebracht würden, ja der Glaube verstatte selbst die Existenz aller Dinge, auſser Gott und den Geistern, zu leugnen, die Seele aber existire nur durch Gott und sey unmittelbar mit ihm verbunden. Berkeley[2] machte diesen Idealismus noch mehr demonstrativ und zeigte, daſs man selbst den Gegenbeweis nicht aufstellen könne, als ob hiernach auſser dem Menschen gar nichts existire, was die Sinneseindrücke erzeuge, indem die göttlichen, auf unsern Geist einwirkenden Ideen wirklich auſser uns vorhanden seyen. Noch weiter gingen Spinoza[3] und Hume. Nach ersterm ist die Gottheit überall eine unendliche Denkkraft, aus welcher alle geistige Thätigkeiten unmittelbar und alle körperliche Erscheinungen durch Ausdehnung hervorgehn. Nach Mendelssohn[4] ist daher Spinoza's Welt oder vielmehr Gott das nämliche Weltideal, welches z. B. nach Plato vor dem Anfange aller Dinge als ein Plan im göttlichen Verstande vorausgesetzt wird. Hume's System leugnet sogar alle Substanzen, Objecte und wirkliche Dinge und läſst die ganze geistige und materielle Welt aus einer Menge und Reihenfolge vorübergehender Erscheinungen bestehn, aus einem Wechsel, worin nichts ist, das stets das-

---

1 De la recherche de la vérité. 7me éd. à Paris 1721. II. T. 4. Part. II. L. III. ch. 1.

2 Treatise concerning the principles of human knowledge. Dialogues between Hylas and Philonous.

3 Opp. ed. H. E. G. Paulus. Jen. 1802. II voll. 8.

4 Philosophische Schriften. Th. I. Gespr. 2.

Digitized by Google

selbe bliebe. So leicht es übrigens scheint, die Realität der Objecte auſser uns dem Zweifler fühlbar zu machen, so überzeugt man sich doch bald, daſs die Lebendigkeit der Phantasiegebilde und der Traumgestalten diesem ein unübersteigliches Hinderniſs entgegenstellen.

7) Daſs sich neben dem Idealismus auch der alles rein Geistige leugnende Materialismus erhob, läſst sich schon aus der allgemein bekannten Tendenz des menschlichen Verstandes vermuthen, von einem nicht befriedigenden Extreme sofort zu dem gerade entgegengesetzten überzugehn; inzwischen wurden die Aeuſserungen desselben nicht so offenkundig, weil sie gegen die Begriffe vom Wesen der Gottheit, der menschlichen Seele und deren Unzerstörbarkeit anstoſsen. Leibnitz[1] suchte die widersprechenden Systeme durch seine *Monadologie* zu vereinigen. Die Argumente der Idealisten, daſs der aus unserm Selbstgefühle entstandene Begriff der Existenz nur auf geistige Wesen, wie wir selbst sind, übergetragen werden könne und daſs unsere Vorstellungen von Materie sich doch am Ende in einen bloſsen Begriff von Erscheinungen und Eigenschaften auflösen, schienen ihm gewichtig genug, um die wirkliche Existenz ausgedehnter Atome zweifelhaft zu finden, insbesondere da sie nach Cartesius zwar in der Wirklichkeit untheilbar, unserer Vorstellung nach jedoch noch theilbar seyn sollten. Diesemnach nahm er die Ausdehnung selbst mit allen sinnlichen Eigenschaften für einen bloſsen Schein, der aus einer verworrenen Vorstellung einfacher Substanzen entstehe. Nach ihm liegen daher allen Dingen *Monaden* zum Grunde, die den geistigen Wesen ähnlich als Vorstellkräfte zu betrachten sind und deren jede ihre bleibende Grundbestimmung hat. Die ganze Welt besteht also aus einer stetigen Reihe solcher Monaden, deren Beschaffenheit und Gröſse sehr verschieden ist, insofern sie stufenweise von den gröbern und unvollkommenern zu den feinern und vollkommenern übergehn. Grundlage der Materie sind hauptsächlich die gröbern, gleichsam schlafenden, ähnlich der Seele im Schlafe, nur der dunkelsten Perceptionen ohne Bewuſstseyn fähig, die wachenden dagegen sind geistiger Natur und steigen in steti-

1 Princ. philos. in Opp. ed. Lud. Dutens. Genev. 1768. VI. T. 4. T. II.

Digitized by Google

ger Reihe von der niedrigsten bis zur höchsten Geisterart auf. Die vollkommenste aller wirklichen und denkbaren Vorstellkräfte, die höchste Monade, ist die Gottheit, welche sich alle mögliche Substanzen mit ihren Accidenzen und Verhältnissen auf das Deutlichste in und durch sich selbst und ohne vorbildende Auſsendinge vorstellt[1].

Nachdem die Newton'sche Physik, in ihren Hauptsätzen über die Cartesische Wirbeltheorie triumphirend, stets mehr Eingang und ungetheilteren Beifall fand, verwiesen die Physiker den Streit über das Wesen der Materie in das Gebiet der speculativen Philosophie, wo man sich jedoch mit diesem Gegenstande gleichfalls nicht lebhaft beschäftigte. Die Physiker dagegen nahmen die Materie als das Gegebene, die Grundlage der Körperwelt Ausmachende an, waren dabei im Ganzen Anhänger der Atomistik, indem sie untheilbare Elemente der Körper und leere Zwischenräume als existirend betrachteten, und einige neigten sich sogar zu der Hypothese von den vier Elementen der Peripatetiker hin, wie unter andern Lamark[2], welcher noch die verglasbare Erde hinzusetzte und die Verschiedenheit der Körper aus einer quantitativen Ungleichheit der Mischung dieser Elemente erklärte. Nicht zu rechnen, daſs verschiedene feinere ätherische Stoffe, als schweflige, ölige und sonstige Dünste, ohne genügend prüfende Gründe unter die Zahl der materiellen Stoffe aufgenommen wurden. Man schien in einer langen Periode kaum geneigt, den specultativen Untersuchungen über das Wesen der Materie eine vorzügliche Aufmerksamkeit zu widmen, weswegen der wichtigste, in der Mitte des vorigen Jahrhunderts gemachte Versuch dieser Art in Deutschland kaum, desto mehr aber in England beachtet wurde.

8) Roger Joseph Boscovich nämlich verdient in Beziehung auf sein System über das Wesen der Materie nach Cartesius und Leibnitz den dritten Platz einzunehmen und es unterliegt wohl keinem Zweifel, daſs sein System die dieser beiden Vorgänger übertrifft und auch an sich eine vorzügliche

---

1 Vergl. Hansch Principia philos. Frc. et Lips. 1728. 4. A. G. Baumgarten über Leibnitzen's Monadologie. Halle 1738. 8.

2 Mém. de Physique et d'histoire naturelle. Par. an V. Voigt Mag. Th. I. St. 4. S. 59.

Digitized by Google

Aufmerksamkeit verdienen würde, wenn der gegenwärtige Standpunct der Physik nicht alle solche rein speculative Untersuchungen als überflüssig zurückwiese, weil die ungetheilte Aufmerksamkeit bloſs darauf gerichtet ist, zuvor erst die nächsten Naturgesetze aufzufinden. Mit Grunde muſs man nämlich jede Bemühung, das Wesen der Materie im Allgemeinen zu ergründen, so lange gänzlich zurückweisen, als noch nicht unwidersprechlich entschieden ist, ob es nur eine oder zwei elektrische Materien giebt, ob diese mit dem Magnetismus identisch oder davon verschieden ist, ob die Lichterscheinungen auf Vibrationen oder auf der Emanation eines Lichtäthers beruhn u. s. w. Aus diesem Grunde ist es auch keineswegs der Mühe werth, jenes System in gröſserem Umfange zu kennen, und es genügt vielmehr, die Hauptsache desselben kurz anzugeben. Boscovich[1] verwarf die Atome, *d. h.* kleine absolut harte und undurchdringliche Elemente, ungefähr aus folgenden Gründen. Dieselben werden sich, um einen Körper zu bilden, entweder berühren oder nicht. Findet das Letztere statt, so kann kein Körper entstehn, sondern man behält stets kleine discrete Atome; nimmt man dagegen das Erstere an, so findet kein Eindringen einer Materie in eine andere statt, weil die vereinten absolut harten und undurchdringlichen Atome einen mit diesen Eigenschaften gleichfalls begabten Körper bilden müssen. In Beziehung auf die Monaden deutet er an, daſs diese, wenn sie aus dem Bereiche des Geistigen heraustreten und zur Basis wirklicher Körper werden, nicht füglich etwas anderes als Atome seyn können. Nach ihm besteht daher die Materie aus physischen Puncten[2], welche zu klein sind, als daſs sie an sich Eigen-

---

1 Sein System ist enthalten in mehrern Dissertationen, nämlich: De viribus vivis 1745; de lumine 1748; de lege continuitatis 1754; de lege virium in natura existentium 1755; de divisibilitate materiae et principiis corporum 1757; vollständig in Philosophiae naturalis Theoria redacta ad unicam legem virium in natura existentium. Auct. Pat. R. J. Boscovich. Viennae 1759. 4.

2 Boscovich unterscheidet p. 68. zwischen einem mathematischen und physischen Puncte. Punctum mathematicum est, cuius nulla pars est; physicum punctum habet proprietates reales vis inertiae et virium illarum activarum, quae cogent duo puncta ad se invicem accedere, vel a se invicem recedere, unde fiet, ut, ubi satis accesserint

Digitized by Google

schaften haben könnten, also bloſse Träger der zwei ihnen eigenthümlichen Kräfte der Anziehung und Abstoſsung, welche Sphären von ungleicher Ausdehnung um sie bilden und daher ihre Vereinigung zu den verschieden gestalteten Körpern bedingen. Diese Kräfte durchdringen sich auf mannigfaltige Weise, indem es gar nicht gegen die Grundsätze der Mechanik streitet, mehrere Kräfte an einem Orte vereint zu denken, die sich einander das Gleichgewicht halten oder überwinden. Wenn daher irgend ein Körper mit hinlänglicher Geschwindigkeit bewegt wird, oder ein hinlänglich groſses mechanisches Moment hat, um die Repulsionskraft eines andern, in seiner Bahn befindlichen, zu überwinden, so wird er diesen ohne Schwierigkeit durchdringen. Daſs diese Hypothese mit den Gesetzen der Mechanik in keinem Widerspruche stehe, vielmehr dieselben sehr consequent erkläre, zeigt Boscovich umständlich und zugleich wendet er sie auch zur Erklärung verschiedener anderer Naturerscheinungen an. Ist z. B. die Geschwindigkeit eines bewegten Körpers ausnehmend groſs, so werden die Theilchen des durchdrungenen Körpers gar nicht in Bewegung kommen, ist sie aber etwas geringer, so werden sie in starke Bewegung versetzt, wovon eine Erhitzung bis zur Entzündung die Folge seyn kann; ist sie endlich sehr gering, so findet gar keine Durchdringung statt.

Es ist schon bemerkt worden, daſs dieses System in Deutschland kaum Beachtung fand. Die Ursache hiervon scheint mir darin zu liegen, daſs die kritische Philosophie zunächst sich auf dasjenige beschränkte, was durch Leibnitz und Wolf geschehn war, und man nach so vielen miſslungenen Versuchen kein vorzügliches Interesse mehr daran fand, die Speculationen über das eigentliche Wesen der Materie fortzusetzen, indem die Bemühungen vielmehr auf das Praktische gerichtet waren. Die Physik suchte hauptsächlich dasjenige weiter zu bearbeiten, was durch Newton gegründet worden war, wobei zugleich die Aufmerksamkeit vorzüglich durch die groſse Zahl der Versuche gefesselt wurde, wozu vorzugsweise Nollet

---

ad organa nostrorum sensuum, possint in iis excitare motus, qui propagati ad cerebrum perceptiones ibi eliciant in anima, quo pacto sensibilia erunt, adeoque materialia et realia, non pure imaginaria.

Digitized by Google

Veranlassung gab. Bald nachher gelangte auſserdem de Lüc zu groſsem Ansehn und wurde neben den an Thatsachen reichen Classikern, Hawksbee, s'Gravesande, Musschenbroek und Desagüliers, vorzugsweise studirt. Alle diese waren aber strenge Newtonianer, und namentlich kannte de Lüc[1] die Theorie von Boscovich anscheinend nicht aus seinen Schriften selbst, sondern nur durch Priestley, und führte zu deren Widerlegung an, daſs eine Kraft, die sich auf einen mathematischen Punct bezieht, Wirksamkeit ohne Substanz und also ein leerer Ausdruck sey. Man müsse den Wirkungskreisen doch auf jeden Fall Ausdehnung geben, und indem dann ein Wirkungskreis den andern verdränge und die einmal mitgetheilte Bewegung fortsetze, so komme man doch allezeit wieder auf undurchdringliche und träge Materie zurück. Endlich lasse sich die Art und Weise, wie durch Materie Eindrücke auf den denkenden Geist erzeugt würden, auf diese Weise nicht erklären, vielmehr könne es nicht bloſs Substanzen, sondern müsse auch Eigenschaften der Materie geben, die nicht in die Sinne fielen, über die wir daher gar kein Urtheil hätten, vermittelst deren jedoch eine Einwirkung des Materiellen auf das Geistige statt finden könne. Diese letztere Auskunft ist übrigens sehr ungenügend und sagt eigentlich weiter nichts, als es möge wohl eine unbekannte Ursache geben, welche diese Wirkung hervorbringe. Daſs die Theorie Boscovich's in Frankreich nur wenig bekannt wurde, unterliegt wohl keinem Zweifel, aber es ist sogar fraglich, ob man sie dort überall kannte, wenigstens wird sie in der *Encyclopédie méthodique*, in der Physik von Brisson und in andern gröſsern Werken gar nicht erwähnt.

Desto gröſsern Beifall erhielt dieses System in England. Schon Michell soll nach Priestley's[2] Erzählung ein Anhänger desselben gewesen seyn oder eine diesem ähnliche Hypothese aufgestellt haben, aber Priestley[3] selbst bekennt sich als Anhänger desselben. Nach ihm ist es unzulässig, die Materie für eine absolut harte, träge und Widerstand leistende Substanz anzusehn, vielmehr gehören attractive und repulsive

---

1 Physische und moralische Briefe. Th. I. S. 88 ff.
2 Geschichte der Optik. Ueb. durch Klügel. S. 283.
3 Disquisitions relating to matter and spirit. Lond. 1778. 8.

Digitized by Google

Kräfte nothwendig zu ihrer Existenz und sie verschwindet in das Nichts, wenn man diese von ihr trennt. Es geht dabei aus seinen Ausdrücken nicht mit Gewiſsheit hervor, ob diese Kräfte an physische Puncte gebunden oder bloſs um einen Mittelpunct vereinigt seyn sollten, indem bald von etwas Ausgedehntem, mit den sogenannten Kräften Begabtem die Rede ist, bald von diesen um einen Mittelpunct vereinten Kräften allein, und da mit den letztern der Begriff der Empfindung und des Denkens nicht unvereinbar ist, so sollte selbst der Einfluſs des Materiellen auf den Geist hierdurch erklärbar werden, was sonach entschiedener Materialismus ist.

Dieses System wurde jedoch mit Heftigkeit angegriffen durch Price[1]. Nach diesem ist die Trägheit der Materie eine nothwendige Bedingung der Gesetze vom Stoſse der Körper. Bloſs solide Masse kann gegen andere Materie einen Impuls ausüben und die Behauptung, daſs ein materielles Theilchen auf ein anderes ohne Berührung einen Impuls ausübe oder anziehend und zurückstoſsend wirke, heiſst eigentlich so viel, als es könne da wirken, wo es nicht ist. Soll die Materie also bloſs durch anziehende und abstoſsende Kräfte gegeben werden, so wird sie ein Nichtseyendes, da eine Kraft nur an ein gegebenes Etwas gebunden seyn kann, und wenn daher diese Kraft selbst die Materie seyn soll, so ist die Materie eine Kraft von einem Nichts, was einen Widerspruch mit sich selbst herbeiführt. Zuweilen beruft Price sich hierbei auf die Autorität Newton's, und diese ist in England so groſs, daſs man schon hieraus auf die herrschende Ansicht der dortigen Physiker schlieſsen kann. Thomas Young[2] meint daher, die Speculationen von Boscovich seyen zwar ganz sinnreich, allein zugleich auch bloſs hypothetisch und in der Anwendung auf die Thatsachen allezeit mangelhaft. Auch Hutton[3] erwähnt seine Theorie bloſs historisch, ohne ihr eine besondere Aufmerksamkeit oder Beifall zu schenken.

Ganz ausnehmend hoch wird die durch Boscovich auf-

---

1 A free discussion of the doctrines of Materialism and philosophical necessity. 1778.

2 Lectures. T. I. p. 751.

3 Dictionary. T. II. Art. Matter.

Digitized by Google

gestellte Theorie von Robison[1] geschätzt, welcher eine weitläufige Uebersicht seines Hauptwerkes giebt, um die Kenntniſs desselben den Engländern zu erleichtern und auf seinen reichen Inhalt mehr aufmerksam zu machen. Inzwischen bezieht sich dieses Urtheil zugleich auf die darin enthaltenen mechanischen Probleme, denn hinsichtlich der Hypothese über das Wesen der Materie gesteht Robison selbst zu, daſs dieses zwar nicht zu absoluter Befriedigung erklärt werde, jedoch sey die Hypothese höchst scharfsinnig, und wenn jemals irgend eine befriedigende aufgefunden werden könne, so müsse sie dieser mindestens sehr ähnlich seyn. Auf jeden Fall giebt er ihr einen groſsen Vorzug vor einer ältern von Godwin Knight[2], welcher zwei Arten materieller Atome annimmt, wovon die eine Art einander anziehn, die andere Art abstoſsen und die verschiedenen sich wahrscheinlich gleichfalls gegenseitig anziehn, ohne daſs er jedoch hierüber etwas zu entscheiden wagt. Hiernach müssen also die attractiven Atome durch Anziehung sich zu Körpern vereinigen, welche mit repulsiven, zu einer Atmosphäre aufgehäuften, Atomen umgeben sind. Aus dieser Verbindung entstehn dann andere Arten von Körpern oder kleinen Körpertheilchen, welche entweder attractiv oder repulsiv sind, je nach der Verbindung der ursprünglichen zweierlei Elemente. Knight macht von diesen hypothetischen Prämissen dann eine Anwendung auf die Erscheinungen der Natur und sucht diese insgesammt geometrisch zu construiren, ohne hierin jedoch die gerechten Forderungen zu befriedigen, abgesehn davon, daſs die Prämissen ganz willkürlich angenommen sind.

9) Die eben erwähnte, nur wenig bekannte Hypothese hat viele Aehnlichkeit mit einer spätern, welche Peart[3] auf-

---

1 A System of mechanical philosophy. Edinb. 1822. T. I. p. 267. Auch Leslie in Ann. of Phil. T. XIV. p. 10. nennt diese Theorie eine sinnreiche und tief ausgedachte und meint, es sey bloſs eine Folge der aus dem gemeinen Leben entnommenen oberflächlichen Ansichten, wenn manche Theile derselben paradox schienen.

2 Attempt to explain all the phenomena of nature by means of two principles cet. 1748.

3 On the elementary principles of nature and the simple laws, by which they are governed. By E. Peart. M. D. Gainsborough 1789. 8. E. Peart's Versuch über die Urstoffe der Natur und ihre Gesetze. Von Kühn. Leipz. 1791. 8.

geſtellt und den herrſchenden Begriffen von den Eigenſchaften des Phlogiſtons angepaſst hat. Hiernach giebt es zwei Arten von Materie, fixe und thätige. Der fixen iſt bloſs Anziehung und Undurchdringlichkeit eigen, die Theile der thätigen werden von dieſer angezogen und haben die Eigenſchaft, ſich in geradlinige Strahlen zu ordnen, die von den fixen Theilchen, wie von einem Mittelpuncte aus, divergiren und Atmoſphären um ſie bilden. Die thätigen Theilchen ſind wieder von doppelter Art, die durch die Namen *Aether* und *Phlogiston* unterſchieden werden können; beide ziehen ſich einander gleich ſtark an, wenn ſie in gleichem Grade erregt werden. Ein fixes Theilchen mit einer Atmoſphäre von Aether bildet einen erdigen Stoff, mit einer Atmoſphäre von Phlogiſton aber einen ſäurefähigen. Die Atmoſphären gleichartiger Theilchen drücken auf einander, ungleichartige ziehen ſich an und bringen dadurch ihre excitirenden Mittelpuncte in Berührung. Die Anziehung der beiden thätigen Materien unter einander bewirkt, daſs ätheriſche Atmoſphären von phlogiſtiſchen und dieſe von jenen umringt werden. Kommen ſolche zuſammengeſetzte Atmoſphären verſchiedener Art in Berührung, ſo vereinigen ſich die äuſsern Theile ſo weit, daſs die innern ſich berühren und ſättigen, worauf die Mittelpuncte feſte Körper bilden, die äuſsern, von den geſättigten innern nicht mehr angezogenen Theile aber freie Flüſſigkeiten, als Wärme und Licht. Je gröſser die Zahl der fixen Theilchen iſt und ſomit die Menge der excitirenden, um ſo ſtärker wird die Anziehung und es entſteht Gravitation. Gehler[1] bemerkt mit Recht, daſs von einem ſolchen dualiſtiſchen Spiele leicht Anwendungen auf Säuren und Alkalien, + E und — E, + M und — M u. ſ. w. möglich ſind, die aber insgeſammt einer erſten feſten Grundlage ermangeln.

10) Eine ganz neue Periode, mindeſtens für Deutſchland, beginnt mit dem berühmten Königsberger Philoſophen Immanuel Kant. Wenn man von der Reform abſtrahirt, welche die geſammte ſpeculative Philoſophie durch dieſen ſcharfſinnigen Denker erhielt, wovon hierher nur hauptſächlich der Satz gehört, daſs wir von den Gegenſtänden der Natur nicht anders als durch äuſsere Anſchauung Begriffe erhalten können

1 Wörterb. a. A. Th. III. S. 680.

und daſs Raum und Zeit die nothwendigen Bedingungen unserer Vorstellung von Körpern sind, so stellte er in Beziehung auf die Materie den Satz auf, daſs zur Existenz derselben zwei einander entgegenwirkende Kräfte, *Dehnkraft* und *Ziehkraft*, erforderlich seyen[1]. Die Anhänger Kant's haben diese Kräfte nachher *Grundkräfte* genannt, weil sie vor aller Erfahrung vorausgehn, das Wesen der Materie selbst ausmachen und ihrer Existenz nothwendig zum Grunde liegen. Daſs Kant bloſs durch eigene Speculation auf die Annahme dieser zwei Kräfte geführt worden sey, wird zwar insgemein angenommen, ist aber keineswegs bestimmt erwiesen und bei der groſsen Belesenheit des berühmten Gelehrten selbst nicht einmal wahrscheinlich; indeſs gehört die Art der Darstellung ohne Widerrede ihm eigenthümlich zu, wenn auch die Hypothese dem Wesen nach schon früher aufgestellt worden war, wie aus dem Obigen zur Genüge erhellet.

Nach Kant gehört das Schema der Kategorieen zur Vollständigkeit jedes metaphysischen Systems, und daher müssen alle Bestimmungen des allgemeinen Begriffs der Materie unter die vier Classen derselben, die der Gröſse, der Qualität, der Relation und der Modalität, gebracht werden. Die Grundbestimmung eines Gegenstandes der äuſsern Sinne ist Bewegung (?), worauf daher alle Prädicate der Materie zurückgeführt werden, weswegen die Naturwissenschaft eine reine oder angewandte Bewegungslehre ist. Die metaphysischen Anfangsgründe der Naturwissenschaft sind daher unter 4 Hauptstücke zu bringen, nämlich *Phoronomie*, über die Bewegung an sich, *Dynamik*, welche die Bewegung als Qualität der Materie unter dem Namen einer ursprünglichen bewegenden Kraft betrachtet, *Mechanik*, worin die mit dieser Qualität begabte Materie in ihrer Relation gegen einander betrachtet wird, und endlich *Phänomenologie*, worin Bewegung und Ruhe bloſs in Beziehung auf die Vorstellungsart untersucht werden. In Folge dieser Abtheilung werden 4 Definitionen der Materie aufgestellt, aus deren Gesammtheit also der Begriff ihres Wesens hervorgehn müſste, nämlich

1) Materie ist das Bewegliche im Raume,

---

1 Metaphysische Anfangsgründe der Naturwissenschaft. Dritte Aufl. Leipz. 1800. 8.

Digitized by Google

2) Materie ist das Bewegliche, sofern es einen Raum erfüllt,
3) Materie ist das Bewegliche, sofern es, als ein solches, bewegende Kraft hat,
4) Materie ist das Bewegliche, sofern es, als ein solches, ein Gegenstand der Erfahrung seyn kann.

Diese vier Sätze werden dann einzeln erläutert und bewiesen. In Beziehung auf den ersten wird bloſs gezeigt, daſs der Materie bei der Berücksichtigung ihrer Bewegung keine andere Eigenschaft als Beweglichkeit beigelegt werden könne. Am wichtigsten ist der zweite Satz. Zu dessen Erläuterung wird zuerst gesagt, daſs einen Raum *erfüllen* so viel heiſst, als allem Beweglichen widerstehn, was in denselben eindringen will. Die Erfüllung des Raumes ist jedoch nicht Folge der bloſsen Existenz, sondern einer besondern bewegenden Kraft, oder genauer ausgedrückt erfüllt die Materie den Raum durch repulsive Kräfte aller ihrer Theile, d. i. durch eine ihr in einem bestimmten Grade eigenthümliche Ausdehnungskraft. Sie kann demnach ins Unendliche zusammengedrückt, aber niemals durchdrungen werden, ist ins Unendliche theilbar und zwar in Theile, deren jeder wiederum Materie ist. Die Möglichkeit derselben erfordert eine Anziehungskraft als zweite wesentliche Grundkraft, die aber nicht für sich allein, sondern nur in Verbindung mit der Zurückstoſsungskraft die Möglichkeit der Materie bedingt. Die aller Materie wesentliche Anziehung ist eine unmittelbare Wirkung derselben auf andere durch den leeren Raum und erstreckt sich im Weltraume von jedem Theile derselben auf jeden andern unmittelbar ins Unendliche.

In dem Bisherigen, was zur Phoronomie und Dynamik gehört, ist das Wesen der Materie der Hauptsache nach ausgedrückt, denn Kant sagt selbst, daſs darin zuerst das Reelle im Raume in der Erfüllung desselben durch *Zurückstoſsungskraft*, zweitens das, was in Ansehung des erstern, als des eigentlichen Objectes unserer äuſsern Wahrnehmung, *negativ* ist, nämlich die *Anziehungskraft*, durch welche, so viel an ihr ist, aller Raum würde durchdrungen, mithin das Solide gänzlich aufgehoben werden, drittens die *Einschränkung* der erstern Kraft durch die zweite und die daher rührende Be-

Digitized by Google

stimmung des *Grades* der *Erfüllung* des Raumes in Betrachtung gezogen, mithin die *Qualität* der Materie unter den Titeln der *Realität*, *Negation* und *Limitation*, so viel es einer metaphysischen Dynamik zukommt, vollständig abgehandelt worden ist. Was dann weiter zur Mechanik und Phoronomie gehörig gesagt wird, kommt im Ganzen auf bekannte mechanische Gesetze zurück, führt aber endlich auf die Frage von einem leeren Raume, wovon es heiſst, daſs die Möglichkeit oder Unmöglichkeit desselben nicht auf metaphysischen Gründen, sondern dem schwer aufzuschlieſsenden Naturgeheimnisse beruhe, auf welche Art die Materie ihrer eigenen ausdehnenden Kraft Schranken setze. Das ganze Werk schlieſst mit folgender merkwürdigen Aeuſserung: „Und so endigt sich die meta-„physische Körperlehre mit dem Leeren und eben darum Un-„begreiflichen, worin sie einerlei Schicksal mit allen *übrigen* „Versuchen der Vernunft hat, wenn sie im Zurückgehn zu „Principien den ersten Gründen der Dinge nachstrebt, da, „weil es ihre Natur so mit sich bringt, niemals etwas anders, „als sofern es unter gegebenen Bedingungen bestimmt ist, zu „begreifen, folglich sie weder beim Bedingten stehn bleiben, „noch sich das Unbedingte faſslich machen kann, ihr, wenn „Wiſsbegierde sie auffordert, das absolute Ganze aller Bedin-„gungen zu fassen, nichts übrig bleibt, als von den Gegen-„ständen auf sich selbst zurückzukehren, um anstatt der letz-„ten Grenze der Dinge die letzte Grenze ihres eigenen sich „selbst überlassenen Vermögens zu erforschen und zu bestimmen.“ Es scheint mir in diesen Worten das offene Bekenntniſs zu liegen, daſs wir das Wesen der Dinge überall zu erforschen auſser Stande sind.

11) Es war ohne Zweifel eine Folge der dreisten Bestimmtheit, womit die einzelnen Sätze aufgestellt wurden, der innigen Verkettung derselben unter einander und ihrer Verbindung mit bekannten Thatsachen, endlich aber der ursprünglichen Behauptung, daſs die gewählte Methode streng mathematisch sey, die noch obendrein durch die äuſsere Form gerechtfertigt schien, daſs das neue System so allgemeinen Beifall fand und mit ungewöhnlicher Bewunderung aufgenommen wurde, da es sich doch von dem durch Boscovich aufgestellten im Wesentlichen gar nicht unterscheidet. Ein Hauptgrund lag indeſs in der Unbekanntschaft mit dem letztern; denn

ich finde nirgend, daſs beide mit einander verglichen sind, wozu noch hauptsächlich der Umstand kommt, daſs man sogleich den Namen einer dynamischen Naturlehre einführte und diese der anerkannt unhaltbaren ältern atomistischen entgegenstellte. Meinerseits habe ich dem Systeme nie Beifall schenken können und kann dieses auch jetzt noch nicht, fürchte jedoch die Leser zu ermüden, wenn ich hierüber ausführlich seyn wollte, beschränke mich daher nur auf einige gewichtige Einwürfe, um den Schein zu groſsen Selbstvertrauens beim Widerspruche gegen den gepriesensten Philosophen Deutschlands zu vermeiden [1].

Zuvörderst ist nach kantischen Principien und wenn man nicht geradezu Idealist seyn will, der Begriff der Materie nicht apriorisch, sondern entsteht durch Anschauung und alles über das Wesen und die Qualitäten der Materie zu Bestimmende muſs daher von der durch Anschauung erkannten Materie entnommen und ihr wieder angepaſst werden. Haben wir diesen Begriff durch die Sinnesthätigkeiten erhalten, so fragt sich, was die Materie ihrem Wesen nach sey und welche allgemeine Qualitäten ihr nothwendig zukommen. Hier zeigt sich sogleich ein groſser Uebelstand, daſs Kant den Begriff der Materie nicht durch eine einfache und scharf begrenzte Definition feststellt, wenn anders eine solche möglich ist und wir nicht vom ersten Beginne an zugestehn müssen, daſs wir das Wesen der Materie gar nicht kennen und bloſs unsere Vorstellung von derselben zu bezeichnen vermögen. Ob die drei

1 Ich gestehe offen, daſs mir die ganze Theorie desto weniger gegründet scheint, je mehr ich sie studire. Gleich der erste Satz: die Materie ist das Bewegliche, steht ohne Beweis, denn er kann weder aus der Erfahrung gefolgert werden, da niemand alle Materie kennt, noch aus einem apriorischen Begriffe, den es überall nicht giebt. Ferner ist gar nicht gesagt, welches das erste ist, des Begriff des Beweglichen (Etwas) oder der Kraft. Ist aber die Materie schon als das Bewegliche erkannt, wozu bedarf es noch der Kräfte zu ihrer Existenz? Inzwischen wollte ich auf alles dieses, was zunächst in das Gebiet der speculativen Philosophie gehört, eben wie auf die Feststellung des Begriffes von Kraft, und ob es eine solche ohne materielles Substrat geben könne (vergl. Schulze psychische Anthropologie. Gött. 1826. S. 199.), gar nicht eingehn, sondern zunächst nur zeigen, daſs die Demonstration, namentlich in Beziehung ihrer mathematischen Form, Widersprüche mit sich selbst einschlieſst.

Digitized by Google

Limitirungen des Begriffes der Materie, wie Kant sie giebt, zum Wesen derselben nothwendig sind, lasse ich dahin gestellt seyn, obgleich es keinem Zweifel unterliegt, daſs es namentlich in Beziehung auf Nr. 4 gewiſs materielle Himmelskörper giebt, die weder an sich, noch rücksichtlich ihrer überall problematischen Bewegung oder Beweglichkeit Gegenstand der (menschlichen) Erfahrung seyn können, allein die von Kant angenommene wesentliche Bestimmung derselben ist auf jeden Fall Beweglichkeit; denn es heiſst: *Materie ist das Bewegliche im Raume.* Nun heiſst es aber ferner: *der Raum, der selbst beweglich ist, heiſst der materielle* u. s. w., mithin, da man doch unmöglich behaupten kann, die Materie sey nicht materiell, giebt es einen materiellen Raum und eine materielle Materie, beide sind entweder gleich oder nicht; im ersten Falle können sie für einander geometrisch (da die ganze Demonstration geometrisch seyn soll) gesetzt werden und die Materie ist also das Bewegliche in einem materiellen Etwas (wenn ich nicht sagen will, in der Materie), im zweiten giebt es etwas materielles, was doch nicht Materie ist und etwas materielles, was Materie ist. Man wird hiergegen einwenden, der Raum sey zwar beweglich und habe also diese Eigenschaft mit der Materie gemein, sey aber deswegen nicht Materie, weil ihm nach den unter 2 und 3 gegebenen Bestimmungen die Raumerfüllung und bewegende Kraft fehle; allein will man sich nicht in sophistische Argumentationen verlieren, so muſs man es aufgeben, den Raum materiell zu nennen; dann aber fällt die angegebene Hauptbestimmung der Materie, nämlich Beweglichkeit, weg; vielmehr wird Raumerfüllung, also Ausdehnung und Undurchdringlichkeit, wesentlicher Charakter dessen, was wir nach unserer Vorstellung Materie nennen.

Nach Kant soll die Materie den Raum nicht durch ihre bloſse Existenz erfüllen, sondern durch zwei entgegenwirkende Kräfte, die *Drehkraft* und *Ziehkraft.* Dieser Satz vom Conflicte zweier Grundkräfte oder solcher, welche das Wesen der Materie selbst ausmachen (was sonach nicht in der Beweglichkeit liegen könnte), hat von jeher die meiste Aufmerksamkeit erregt. Der Beweis desselben wird auf folgende Weise geführt. Nach der gegebenen Erklärung, daſs einen Raum erfüllen heiſse, allem Beweglichen widerstehn, folgt der erste

Lehrsatz, daſs die Materie den Raum nicht durch ihre bloſse Existenz, sondern durch eine (?) besondere bewegende Kraft erfülle und nach eingeschobener Erklärung, was Anziehungs- und Zurückstoſsungskraft sey, wird der zweite Lehrsatz hinzugefügt, daſs die Materie ihre Räume durch repulsive Kräfte aller ihrer Theile erfüllet, d. h. durch eine ihr eigene Ausdehnungskraft, die einen bestimmten Grad hat, über welchen kleinere oder gröſsere ins Unendliche können gedacht werden. An eine weitere Erklärung, daſs eine Materie die andere durchdringt, wenn sie durch Zusammendrückung den Raum ihrer Ausdehnung völlig aufhebt, schlieſst sich dann der letzte hierher gehörige Lehrsatz, nämlich: „die Materie kann ins Unend„liche zusammengedrückt, aber niemals von einer Materie, „wie groſs auch die drückende Kraft derselben sey, durch„drungen werden.“

Weil in dieser Demonstration so oft der Audruck *unendlich* und *bis ins Unendliche* vorkommt, welcher bei der ihn begleitenden Unbestimmtheit in den spätern naturphilosophischen Systemen eine so wichtige Rolle spielt, so habe ich mich schon früher[1] hiergegen erklärt und zu zeigen gesucht, daſs in dem Beweise für diesen aufgestellten Satz ein Widerspruch enthalten sey. Es heiſst nämlich: „Nun kann für ge„gebene ausdehnende Kraft der Materie eine gröſsere zusam„mendrückende gefunden werden, die diese in einen engern „Raum zwingt und so *ins Unendliche;* zum Durchdringen „der Materie aber würde eine Zusammentreibung derselben in „einen unendlich kleinen Raum, mithin eine *unendlich zu„sammendrückende Kraft* erfordert, welche unmöglich ist.“ Nach meiner Ansicht sollte eine *ins Unendliche wachsende* Kraft mit einer *unendlichen* einerlei seyn, allein einige Physiker haben sich hiergegen erklärt, und ich gebe zu, daſs die gebrauchten Ausdrücke allerdings einen Unterschied unter ihnen anzunehmen gestatten, der Sache selbst aber, in geometrischer Strenge genommen, stelle ich folgendes Dilemma entgegen: die ins Unendliche wachsende Kraft kann entweder wirklich unendlich werden oder nicht; im erstern Falle ist der gerügte Widerspruch wirklich vorhanden, im zweiten aber bleibt die Kraft, wie der Raum, stets endlich und die ganze

---

1 Anfangsgründe der Naturlehre. Heidelb. 1819.

Demonstration zerfällt in sich durch Unbestimmtheit der Ausdrücke, indem ganz ohne Beweis hingestellt worden ist, daſs für jede ausdehnende Kraft der Materie eine gröſsere zusammendrückende gefunden werden könne und man daher auf gleiche Weise befugt ist anzunehmen, daſs für jede zusammendrückende Kraft eine gröſsere ausdehnende gefunden werden könne und so ins Unendliche, was dann nothwendig zu einem sophistischen Spiele mit Worten führt, die schlechthin kein bestimmtes Resultat geben.

Ohne hierüber ausführlich zu seyn und in die Erörterung des Begriffes vom Unendlichen weiter einzugehn, da das Unendliche nicht meſsbar, ebenso wenig auch vorstellbar ist, von dem sich also nichts prädiciren läſst, und welches daher von allen realen Bestimmungen des Materiellen, sofern dieses vorgestellt und etwas darüber bestimmt werden soll, *gänzlich* ausgeschlossen bleiben muſs, mag die Wichtigkeit der Sache noch folgende Betrachtung entschuldigen. Ein Hauptsatz des kantischen Systems und um so viel mehr der nachherigen dynamischen Naturlehre ist, daſs die Materie ihren Raum nur durch den Conflict der bei den entgegenwirkenden Kräfte, Dehnkraft und Ziehkraft, erfüllen kann; aber es fragt sich, ob und wie dieser Satz bewiesen ist. Kant (S. 26. sein. Schr.) führt eine Art von Beweis dadurch, daſs er dem aufgestellten Begriffe, wonach die Materie das *Bewegliche* im Raume ist, zugleich den Begriff des *Bewegten* unterschiebt, wonach also in den durch gegebene Materie erfüllten Raum andere bewegte eindringen will, aber diese Annahme eines solchen steten Bestrebens nach Eindringen in einen gegebenen Raum durch vorhandene Bewegung ist ohne allen Grund, da es doch ruhende Materie geben kann. Um zu dem Beweise zu gelangen, wird vorher der Unterschied zwischen dem *Einnehmen* eines Raumes und dem *Erfüllen* desselben festgesetzt, worüber es wörtlich heiſst: „einen *Raum einnehmen*, d. i. in allen Puncten „desselben unmittelbar gegenwärtig seyn...... wie man von „jeder geometrischen Figur sagen kann, sie nimmt einen „Raum ein.“ Daſs man aber von einer geometrischen Figur, welche auf jeden Fall nur die Grenzen des durch sie bezeichneten Raumes angiebt, sagen könne, sie sey in allen Puncten desselben unmittelbar vorhanden, dieses scheint mir mit streng geometrischen Begriffen gänzlich unvereinbar. Da die Vor-

Digitized by Google

stellung von der Materie durch Anschauung gegeben ist, so können ihre wesentlichen Bestimmungen oder Qualitäten nicht aus einem bloſsen abstracten Begriffe entnommen werden, vielmehr beruht die Annahme der beiden Grundkräfte entweder auf unzweifelhafter Erfahrung, oder auf dem Beweise, daſs ohne sie keine Vorstellung von der Materie möglich sey. Ueber das Erstere soll nachher geredet werden, der letztere Beweis jedoch ist deswegen unstatthaft, weil Materie Jahrtausende lang vorgestellt ist und noch vorgestellt wird, ohne die Annahme dieser Kräfte. Kant hat zur Erläuterung seiner Sätze, und man darf wohl sagen als Stütze seines Beweises, durch einen Schluſs *a particulari ad universale* die Luft gewählt[1], es wird daher erlaubt seyn, auf gleiche Weise einen andern Körper zu wählen. Es sey dieses die Sonne oder der Mond, unleugbar Körper, materiell, ausgedehnt und im Raume befindlich. Wo ist der Körper, welcher in den erfüllten Raum eindringen will, ja selbst, wenn wir uns einen der Himmelskörper als völlig ruhend vorstellen, was doch keineswegs unmöglich ist, worauf beruht dann die Annahme einer Ziehkraft, welche in Verbindung mit der Dehnkraft unsere Vorstellung von ihrer Existenz nothwendig bedingen soll?

12) Verschiedene Gelehrte haben Einwürfe gegen die von Kant aufgestellte Hypothese gemacht, von denen ich nur einige der wichtigsten nennen will. Joh. Tob. Mayer[2] nahm die Sache ganz einfach, und behauptete, daſs, wenn Materie den Raum, den sie wirklich einnimmt, vollkommen, d. h. mit Stetigkeit, erfüllt, es eine absolute Unmöglichkeit sey, ihn noch vollkommener zu erfüllen, und daſs daher selbst eine unendliche Kraft nicht vermögend seyn würde, mehr Materie in diesen Raum hinein zu bringen oder den Raum, den sie wirklich erfüllt, zu verringern, wonach also die Materie auſser ihrer Existenz keiner besondern Kraft bedürfe, um dasjenige abzuhalten, was in diesen Raum eindringen will. Dieser Satz

---

1 Mollweide in Gehlen's Journ. 1806. T. I. p. 658. sagt sehr richtig: man muſs sich hüten, die repellirende Grundkraft nicht mit der Elasticität der Luft zu verwechseln, diese kennen wir bloſs aus Erfahrung. Indeſs scheint Kant selbst durch diese Verwechselung getäuscht zu seyn, oder er suchte andere dadurch zu täuschen.

2 Gren's Journ. d. Phys. VII. p. 212.

Digitized by Google

ist offenbar richtig, insofern durch das Gesetztseyn der Materie im Raume ihr gleichzeitiges Nichtseyn in demselben als logisch widersprechend aufgehoben wird; allein die Anhänger Kant's stellen diesem entgegen, daſs das Seyn im Raume noch nicht das Erfüllen desselben bedingt, weil der Definition nach *Erfüllen* so viel heiſst, als allem Beweglichen widerstehn. Es fragt sich jedoch, ob Satz und Definition richtig sind, welche unleugbar in ihrem Verfolg zu Absurditäten führen. Trennt man nämlich einen gegebenen Körper durch eine geometrische Fläche in zwei Hälften, so ist jede Hälfte Materie im Raume; beide müssen als ruhend gedacht werden können, da ruhende Körper denkbar und existirend sind; dann aber will jede Hälfte in den Raum des andern eindringen und als ruhend auch nicht eindringen, jede wehrt die andere mit einer Kraft ab, welche die Kraft des Eindringens der andern *hindert*, die aber bei beiden als ruhend gedacht, nicht vorhanden ist u. s. w. Eine im Wesentlichen dieser letztern gleiche Argumentation stellte Gilbert[1] dem dynamischen Systeme entgegen, wogegen aber F. C. Fischer[2] erinnert, daſs die Sache mechanisch genommen sey, statt dynamisch; allein es unterliegt wohl keinem Zweifel, daſs dasjenige, was über das Wesen der Materie an sich behauptet wird, allgemein gültig seyn muſs, man mag es dynamisch oder mechanisch nehmen. Eine ausführliche, gröſstentheils auf geometrische Demonstration gegründete Widerlegung der Pheronomie und Dynamik, welche Kant in seinen metaphysischen Anfangsgründen gegeben hat, nebst Bemerkungen gegen manche einzelne Sätze in denselben hat F. G. v. Busse[3] bekannt gemacht; inzwischen erregten seine wohlbegründeten Argumente weit weniger Aufmerksamkeit, als früher gewiſs der Fall gewesen wäre, weil die lebhafte Vorliebe für das ganze System bereits erkaltet war. Auf dem Wege bloſs philosophischer Argumentation zeigte dagegen schon früher ein Unbekannter[4], daſs weder durch Kant noch durch Fries der Begriff der Kraft gehörig

---

1 Hall. Allg. Lit. Zeit. 1807. S. 754.

2 Physikalisches Wörterbuch Th. IX. S. 339.

3 Metaphysische Anfangsgründe der Naturwissenschaft von Immanuel Kant in ihren Gründen widerlegt von Fr. Gottl. v. Busse. Dresden u. Leipz. 1828.

4 Leipz. Lit. Zeit. 1825. S. 2152.

Digitized by Google

bestimmt und nicht gezeigt sey, in welchem causalen und nothwendigen Verhältnisse Kraft zur Materie, zum Soliden stehe. Es sey in der aufgestellten Theorie nicht bestimmt, ob man genug gethan habe, sie als eine Zugabe zum Soliden logisch zu verbinden, ohne ihr nothwendiges inneres Band nachzuweisen, vielmehr liege eine falsche Causalitätslehre zum Grunde, indem unbewiesen aufgestellt sey, die Dehnkraft existire einmal und wehre Eindringendes ab, sie sey eigentlich eine ruhende Repulsion, die auf einen eindringenden Körper laure, um ihn zurückzuhalten. War aber diese einmal angenommen, so muſste des Gleichgewichts wegen auch Attraction angenommen werden.

13) Kant's philosophisches System fand so übermäſsigen Beifall, daſs seine Zeitgenossen eine Prüfung des Einzelnen für überflüssig hielten und vielmehr das Ganze als höchst vollendet betrachteten. Der von ihm aufgestellte Begriff der Materie blieb in den Grenzen der Speculation, es lieſs sich auf keine Weise darthun, daſs die beiden hypothetisch angenommenen Kräfte der Materie nicht zukommen, und da die alte Atomistik unlängst als unhaltbar aufgegeben war, so lieſsen es sich auch unter den Physikern die Anhänger Newton's gefallen, daſs man der sogenannten dynamischen Naturlehre den Vorzug gab. Es ist daher nicht leicht, die vorzüglichsten unter denen namhaft zu machen, welche sich zu dem neuen Systeme in seiner ursprünglichen Reinheit bekannten, doch glaube ich, daſs J. C. Fischer[1] und J. F. Fries[2] als solche zu nennen sind. Inzwischen schoben die meisten dem gefeierten Philosophen etwas ganz anderes unter, als er wirklich gesagt hatte. Anstatt nämlich bei dem ursprünglichen Satze, *die Materie, als solche, erfordere zu ihrer Existenz nothwendig die beiden genannten Kräfte,* stehn zu bleiben, lieſsen sie alles Materielle aus denselben in der Art bestehn, daſs sie sogar die Verschiedenheit der Materie auf einen quantitativen Unterschied der Verbindungen beider zurückführten.

---

1 Physikalisches Wörterbuch u. s. w. Art. *Grundkräfte* und *Materie.*

2 Entwurf des Systems der theoretischen Physik. Heidelb. 1813 Die mathematische Naturphilosophie nach philosophischer Methode bearbeitet. Heidelb. 1822.

Digitized by Google

Hiernach ist dann das Licht die absolute oder reine, mit keiner Ziehkraft gemischte Dehnkraft, und so geht es bis zur wägbaren Materie oder der ihr zukommenden Attraction als der absoluten Ziehkraft herab, indem alles zwischen beiden Liegende bloſs durch einen gröſsern oder geringern Antheil der einen beider Kräfte unterschieden ist. Diese Hypothese ist an sich ganz unbegründet und streitet auſserdem gegen jede auf Erfahrung gegründete Vorstellung. Hiernach wären nämlich z. B. Gold und Silber bloſs durch ein ungleiches quantitatives Verhältniſs beider Kräfte verschieden, die sich daher um so mehr beim Zusammenschmelzen oder bei der Auflösung beider zu einem neuen Dritten ausgleichen müſsten, als die aus der Hypothese gleichfalls nothwendig folgende unendliche Theilbarkeit der Materie in den Mischungen kein Nebeneinanderliegen der kleinsten Theile gemischter Körper *gestattet*. Wenn aber der Chemiker aus solchen Mischungen oder Auflösungen die ursprünglichen Bestandtheile nach ihrem anfänglichen quantitativen Verhältnisse wieder darzustellen vermag, ohne daſs von dem einen oder dem andern mehr, als ursprünglich vorhanden war, zum Vorschein kommt, so muſs das eben Angenommene wieder aufgehoben und zugestanden werden, daſs beide Grundkräfte uranfänglich für immer untrennbar zur Bildung der verschiedenen Körper vereint sind, deren endlich kleinste Theile in jeder Mischung neben einander bestehn, ohne in ihren Fundamentalelementen vereinigt zu werden. Hierdurch wird aber die Existenz der Atome zugestanden, und die ganze Hypothese wird zu einer für die Naturlehre nutzlosen metaphysischen Speculation, weswegen denn auch ihr lebhaftester Vertheidiger, F. Hildebrandt[1], seiner dynamischen Naturlehre am Ende die merkwürdige Aeuſserung hinzufügt: „wenn wir es nicht ganz aufgeben wollen, „die Verschiedenheit der Materie zu erklären, so können wir „kaum vermeiden, uns in die Atomistik zu verirren."

Die kantische Hypothese war zu schwach begründet, als daſs sie sich aller anfänglichen Lobpreisungen ungeachtet lange

---

1 Anfangsgründe der dynamischen Naturlehre. Erlangen 1807. II Voll. 8. Es ist ganz unbegreiflich, wie Hildebrandt ein so beharrlicher Vertheidiger dieser Theorie bleiben konnte, deren Unvereinbarkeit mit der Erfahrung er selbst ausführlich nachwies. Gehlen N. J. 1805. Th. V. S. 605.

Digitized by Google

halten konnte, allein es war damit die Bahn gebrochen, das Objective auſser uns aus geometrisch geformten metaphysischen Schlüssen abzuleiten, ohne die nothwendige Frage hinlänglich zu erörtern, ob und wie weit von mit sich selbst übereinstimmenden Begriffen auf objective Realität des Gegebenen geschlossen werden könne. Es lag hierbei zu nahe, um übersehn zu werden, daſs jede Perception und Apperception des auſser uns Gegebenen, zuvor die Existenz und Thätigkeit des hierbei thätigen Geistes voraussetze, mithin über die Materie und die nach Kant sie bedingenden Kräfte nicht eher etwas ausgemacht werden könne, bis zuvor jene Existenz und Thätigkeit nach ihrem eigentlichen Wesen festgesetzt sey. Wollen wir nun aufrichtig im Bekenntniſs unserer Schwäche seyn, die nothwendigen Grenzen unsers endlichen Verstandes nicht überschreiten und offen gestehn, daſs die Seele weder sich selbst noch auch die Materie dem eigentlichen Wesen nach zu erkennen vermöge, so werden zwar, wie alles ernste Nachdenken, so auch die Bemühungen, beides so viel wie möglich zu erforschen, allezeit sowohl subjectiv als auch objectiv nützlich seyn; allein wir werden auch bald zu der Ueberzeugung gelangen, daſs wir dabei von dem bekannten Gegebenen zu dem unbekannten Gesuchten fortschreiten, dagegen es ein für allemal aufgeben müssen, ein höchstes, durch sich selbst feststehendes Princip *a priori* aufzufinden, aus welchem sich alle Erkenntniſs ableiten läſst, was im Grunde nur heiſst, den Stein der Weisen zu suchen. Hatte indeſs Kant[1] durch die groſse

1 Kant stellt in seinen metaphys. Anfangsgr. als ersten Satz auf: *Materie ist das Bewegliche im Raume.* Dieser als das Fundament aller folgenden muſste doch nothwendig bewiesen werden. Dagegen aber heiſst es bloſs, daſs Beweglichkeit eines Gegenstandes im Raume *a priori* und ohne Belehrung durch Erfahrung nicht erkannt werden könne. Dieser Begriff, als empirisch, könne daher nur in einer Naturwissenschaft, als angewandter Metaphysik, welche sich mit einem durch Erfahrung gegebenen Begriffe, obwohl nach Principien *a priori*, beschäftige, Platz finden. Wenn aber in den Naturwissenschaften die nämlichen logischen Regeln, als in andern Wissenschaften, gültig sind, die Erfahrung aber alle Materie zu erkennen uns nicht gestattet, so frage ich, wie man von der erkannten, dem *particulari*, auf das Ganze, das *universale*, zu schlieſsen berechtigt sey? Am auffallendsten aber ist es, wenn stets von mathematischer Beweisart geredet wird, die gerade die strengste von allen ist. Die

Digitized by Google

Dreistigkeit und Bestimmtheit bei Aufſtellung seiner Sätze die Ueberzeugung von ihrer Unumstöſslichkeit zu erringen gewuſst, und dadurch so groſses Aufsehn erregt, so suchten die spätern Philosophen durch eben dieses Mittel noch mehr zu imponiren, und um nicht aus ihren eigenen Worten widerlegt zu werden, wählten sie möglichst allgemeine und unbestimmte Ausdrücke, mit dem Zusatze, daſs die Worte in ihrer Philosophie eine von der gewöhnlichen abweichende Bedeutung hätten, die man aus dem Systeme selbst erst kennen lernen müsse. Durch diesen schlauen Kunstgriff ist allerdings das Mittel gegeben, das aller absurdeste System unwiderleglich zu machen, weil allezeit das Argument zu Gebote steht, die Ausdrücke seyen unrecht verstanden.

14) Fichte [1] darf in Beziehung auf den Begriff der Materie nur beiläufig erwähnt werden. Er umging die Aufstellung eines ersten Fundamentalsatzes aller Speculation dadurch, daſs er annahm, das Denkende, als das *Ich*, existire dadurch, daſs es sich selbst setze, und producire dann alles auſser ihm Befindliche als *nicht Ich* durch den Gegensatz; offenbar nichts anders, als ein absoluter Idealismus. Weil aber letzterer schon seit den ältesten Zeiten her sein Ansehn verloren hatte, so fand Schelling es nicht gerathen, ihn so nackt wieder ins Publicum einzuführen, vielmehr suchte er ihm durch Beimischung von etwas Positivem einige Realität zu geben, kleidete ihn hernach in eine dicke Hülle unverständlicher Worte, von denen im voraus behauptet wurde, daſs durch ihre Entfaltung tiefe Weisheit zum Vorschein kommen werde, und wuſste dann, von diesem dunkeln Gebilde ausgehend, mit hoher dialektischer und rhetorischer Kunst, auch unverkennbar ausgezeichnetem Scharfsinne, seiner Demonstration so viele wahre Sätze, scheinbar als nothwendige Folgerung, einzuflechten, daſs ein groſser Theil des Publicums das Ganze als ein streng wissenschaftliches System aufnahm. Insbesondere muſs dem unbefangenen Forscher ein Kunstgriff auffallen, welchen ich am

---

indirecte Demonstration des statischen Moments des Hebels ist für jeden Menschen sattsam überzeugend, und die Theorie der Parallellinien unterliegt keinem vernünftigen Zweifel, aber dennoch gelten die Beweise beider nicht für mathematisch genügend.

1 Wissenschaftslehre. 1802.

Digitized by Google

liebsten durch den Ausdruck einer literärischen Taschenspielerei bezeichnen möchte. Die ganze Demonstration der Grundprincipien in einer solchen Naturphilosophie ist nämlich mit mathematisch klingenden Floskeln durchwebt, die zwar für den Geometer keinen Sinn haben, allein da diesem die philosophisch klingenden Worte unverständlich sind, der Philosoph dagegen sich nicht allezeit getrauet, streng geometrische Formeln zu beurtheilen, so wagten beide nicht zu widersprechen, aus Furcht, daſs ihr Urtheil nicht genug begründet seyn könne. Zum Beweise führe ich das an, was über das Wesen der Materie gesagt ist[1]. §. 38. „Jedes einzelne Seyn ist als „solches eine bestimmte Form des Seyns der absoluten Iden„tität, nicht aber ihr Seyn selbst, welches nur in der Totali„tät ist. §. 41. Jedes Einzelne ist in Bezug auf sich selbst „eine Totalität. §. 51. Die erste relative Totalität ist die „Materie. Beweis:

---

1 Ich entlehne dieses aus Schelling's eigener Darstellung seines Systems der Philosophie, in Zeitschrift für speculative Physik herausgegeben von Schelling. 2ten Bdes 2tes Ht. S. 1 ff. In einer frühern Schrift desselben Verfassers, nämlich: Ideen zu einer Philosophie der Natur. Leipz. 1797. herrscht ein durchaus verschiedener Geist, aber eine bestimmte Erklärung über das Wesen der Materie findet sich darin nicht. Nur ungern habe ich dieses System berührt, da ich einmal nach Ueberzeugung nicht anders darüber urtheilen kann, als hier geschehn ist; indeſs bei dem Aufſehen, welches dasselbe seiner Zeit gemacht hat, glaubte ich es hier der Vollständigkeit wegen nicht mit Stillschweigen übergehn zu dürfen. Um jedoch dem so leicht möglichen Einwurfe zu begegnen, als ob diese angeführten Sätze eines vielseitig gefeierten Philosophen durch das Herausreiſsen derselben aus dem Zusammenhange entstellt seyen, theile ich die beiden ersten Sätze, also den Anfang des Systems, gleichfalls mit: §. 1. „Ich nenne Vernunft die absolute Vernunft, oder die Vernunft, insofern sie als totale Indifferenz des Subjectiven und Objectiven gedacht wird. §. 2. Auſser der Vernunft ist nichts und in ihr ist alles. „Anm. Es giebt keine Philosophie, als vom Standpunct des Absoluten, „darüber wird bei dieser ganzen Darstellung gar kein Zweifel statuirt: die Vernunft ist das Absolute, sobald sie gedacht wird, wie „wir es (§. 1.) bestimmt haben.“ — In dasjenige, was in einer andern Schrift Schelling's, nämlich: Ueber das Verhältniſs des Realen und Idealen in der Natur u. s. w. Landshut 1807. über die Materie gesagt ist, kann ich gleichfalls keinen Sinn bringen, und so ist es mir auch unmöglich, das eigentlich Wesentliche hier kurz zusammenzustellen, so sehr ich dieses der Vollständigkeit wegen wünschte.

Digitized by Google

„A = B ist weder als relative Identität noch als relative „Duplicität etwas Reelles. — Als Identität kann A = B im „Einzelnen wie im Ganzen nur durch die Linie (§. 46.) aus- „gedrückt werden. Aber in jener Linie ist A durchgängig als „seyend gesetzt. Also setzt diese Linie durchgängig A = B „als relative Totalität voraus; die relative Totalität ist also „das erste Vorausgesetzte, und wenn die relative Identität ist, „so ist sie nur durch jene“ u. s. w. Als Probe der geometrischen Construction diene die erwähnte Linie und eine andere, wodurch der Sinn des Wortes Totalität deutlich werden soll. Es heiſst zu §. 46: „Die Form des Seyns der ab- „soluten Identität kann daher allgemein unter das Bild einer „Linie gebracht werden,

$$\begin{array}{ccc} \overset{+}{A} = B & \qquad\qquad & A = \overset{+}{B} \\ \hline & A = A & \end{array}$$

„worin nach jeder Richtung dasselbe Identische, aber nach „entgegengesetzten Richtungen mit überwiegendem A oder B „gesetzt ist, in den Gleichgewichtspunct aber das A = A „fällt.“ Ferner:

A = B
(relative Identität).

A B
(relative Duplicität).

A = B
(relative Totalität).

„In diesem Schema ist relative Identität von relativer Totali- „tät unterschieden. Dagegen ist die absolute Identität auch „absolute Totalität, denn in derselben ist A und B gar nicht „als verschieden, mithin auch nicht als ideell oder reell ge- „setzt.“

15) Unter den Naturphilosophen, oder denen, welche die Gesetze der Natur wissenschaftlich aufzufinden und zu begründen versuchten, folgt Hegel als Stifter einer Schule unmittelbar auf Schelling, und weil die von diesem gewählte Methode des Philosophirens so vielen Beifall gefunden hatte, so war es natürlich, daſs jener die nämliche Bahn betrat. Hegel gelangt zum Begriff der Materie durch vorausgehende

Digitized by Google

Bestimmung des Raumes und der Zeit nach seinen eigenen Worten auf folgende Weise[1]: „Die erste oder unmittelbare „Bestimmung der Natur ist die abstracte Allgemeinheit ihres „Auſsersichseyns, — die vermittlungslose Gleichgültigkeit des- „selben, der Raum. Er ist das ganz ideelle Nebeneinander, „weil er das Auſsersichseyn ist, und schlechthin continuirlich, „weil dieſs Auſser einander noch ganz abstract ist und keinen „bestimmten Unterschied in sich hat. — Die Negativität, die „sich als Punct auf den Raum bezieht und in ihm ihre Be- „stimmungen als Linie und Fläche entwickelt, ist in der „Sphäre des Auſsersichseyns ebensowohl für sich, und als „gleichgültig gegen das ruhige Nebeneinander erscheinend. So „für sich gesetzt ist sie die Zeit. Die Zeit, als die negative „Einheit des Auſsersichseyns, ist gleichfalls ein schlechthin „Abstractes, Ideelles. — Sie ist das Seyn, das, indem es „ist, nicht ist, und indem es nicht ist, ist; das, aber ange- „schaute, Werden, d. i. daſs die zwar schlechthin momenta- „nen, d. i. unmittelbar sich aufhebenden Unterschiede als „Aeuſserliche, d. i. jedoch sich selbst äuſserliche, bestimmt „sind. — Das Vergehen und Sich-wiedererzeugen des Rau- „mes in Zeit und der Zeit im Raum, daſs die Zeit sich räum- „lich als Ort, aber diese gleichgültige Räumlichkeit ebenso „unmittelbar zeitlich gesetzt wird, — ist die Bewegung; — „ein Werden, das aber selbst ebenso sehr unmittelbar iden- „tische daseyende Einheit beider, die Materie, ist. — Die „Materie hält sich gegen ihre Identität mit sich, durch das „Moment ihrer Negativität, Verschiedenheit oder abstracten „Vereinzelung, auseinander; sie enthält Repulsion. Ebenso „wesentlich ist, weil diese Verschiedenen ein und dasselbe

---

1 Encyclopädie der philosophischen Wissenschaften im Grundrisse. Von G. W. F. Hegel. 2te Aufl. Heidelb. 1827. S. 225 ff. Um dem Vorwurfe der Entstellung zu entgehn, theile ich auch bei diesem Systeme die eigenen Worte mit, enthalte mich jedoch jeder Kritik, weil es dem mathematisch bestimmt denkenden und redenden Physiker für immer unmöglich seyn wird, das Auſsersichseyn eines Objectes überhaupt nur zu begreifen. Was Oken in seinem jüngst erschienenen Handbuche der Naturphilosophie S. 34. über Materie sagt, ist im gleichen Sinne geschrieben. Da es aber eben so unverständlich ist und noch keine Autorität erlangt hat, so glaube ich es ganz mit Stillschweigen übergehn zu dürfen.

Digitized by Google

„sind, die negative Einheit dieses auſsereinander-seyenden „Fürsichseyns; die Materie ist somit continuirlich und enthält „Attraction.“

Es wird künftig in der Geschichte der physikalischen Wissenschaften als eine höchst auffallende Erscheinung bemerkt werden, daſs gleichzeitig mit dem Idealismus der deutschen Naturphilosophen die strengste Atomistik in Haüy's Krystallologie und Richter's Stöchiometrie aufkamen, aber es wird dabei auch nicht unbeachtet bleiben, daſs die letztere eine unglaubliche Erweiterung der Wissenschaften herbeiführten, während die erstere wo nicht hindernd wirkte, doch auf jeden Fall ganz unfruchtbar blieb. Man muſs jedoch nicht glauben, daſs die deutschen Physiker insgesammt Anhänger der naturphilosophischen Speculationen wurden, vielmehr blieben alle bedeutende unter ihnen, z. B. Lichtenberg, J. T. Mayer, L. W. Gilbert, Tralles, v. Bohnenberger, E. G. Fischer, G. G. Schmidt, G. F. Parrot, Mollweide u. a. den Ansichten Newton's getreu, und hierdurch in Uebereinstimmung mit den Ausländern, wenn gleich die meisten, um Anfeindungen zu vermeiden, sich nicht gegen die sogenannte dynamische Ansicht zu erklären wagten.

16) Wenn man alles dasjenige zusammennimmt, was meistens in einzelnen Bemerkungen von den Physikern des jetzigen Jahrhunderts über die Materie angenommen wird, so ist dieses ungefähr Folgendes. Man ist zuvörderst *darüber* allgemein einverstanden, daſs wir die Materie an sich und ihrem Wesen nach, gar nicht zu erkennen vermögen. Wir erhalten nämlich den Begriff des Materiellen nur durch Anschauung, weil *a priori* nichts gegeben ist, woraus derselbe abgeleitet werden könnte, und die wirkliche, später nicht mehr zu beseitigende Anschauung bei jedem Menschen den nachherigen metaphysischen Speculationen ebenso unwillkürlich als nothwendig vorausgeht. Die von uns erkannte Materie wird aber gröſstentheils in der Form der verschiedenen Körper wahrgenommen, und zeigt sich dabei nicht bloſs mit verschiedenen, sondern auch so vielfach wechselnden Qualitäten, daſs wir die ihr wesentlich zukommenden nicht sofort zu bestimmen vermögen. Fangen wir demnächst an, die Körper zu zerlegen, um das Zufällige abzuscheiden und das wesentlich Bleibende zu erforschen, so werden die Theile so klein, daſs

sie unserer Wahrnehmung entschwinden, wodurch dann jede weitere Untersuchung unmöglich wird. Insofern aber die Materie als bereits existirend von uns erkannt wird, nach dem eben Gesagten aber weder die Art ihrer Entstehung, noch die absoluten Bedingungen ihres Seyns von uns erforscht werden können, weil ihre eigentliche Wesenheit gar nicht erkennbar ist, so kann bloſs die Frage seyn, was die Materie für unsere Erkenntniſs derselben ist, oder welchen Begriff wir mit dem Ausdrucke Materie eigentlich verbinden. Der Zweck der ganzen Untersuchung kann daher nur seyn, keine Unbestimmtheit über den Begriff desjenigen zu lassen, was das Object der gesammten Naturforschung ist.

Zum Begriff der Materie gelangen wir durch Wahrnehmung der Körper, und da jeder Körper nach drei Dimensionen ausgedehnt ist, folglich einen Raum einnimmt, dieser Raum zwar kleiner werden kann als unsere Vorstellung reicht (da sich leicht nachweisen läſst, daſs z. B. der billionste Theil eines Sandkorns keine deutlich oder überhaupt vorstellbare Gröſse mehr ist), nie aber unendlich klein werden kann, so lange unser Begriff von Materie und Ausdehnung statt finden soll, weil das geometrisch unendlich Kleine und unendlich Groſse auſser den Grenzen des endlichen Verstandes liegt und in der Geometrie selbst nie ein Gegenstand wirklicher Messung ist, so folgt hieraus unmittelbar, daſs der Begriff des Ausgedehntseyns mit unserer Vorstellung der Materie nothwendig verbunden ist. Sofern aber von keiner andern Materie, als der von uns vorgestellten, die Rede seyn kann, so nennen wir mit Recht *Ausdehnung* als nothwendige erste Bedingung unsers Begriffes von der Materie, oder, mit andern Worten, wir legen der Materie die Ausdehnung als ihr nothwendig zukommend bei. Es ist hiernach also gewiſs, daſs der Begriff der Ausdehnung mit der Vorstellung der Materie nothwendig verbunden sey, wozu man noch setzen kann, daſs die Ausdehnung, als selbst räumlich, zugleich im Raume gedacht werden muſs; wenn aber Kant die Materie das Bewegliche im Raume nennt, so streitet hiergegen die unleugbare Thatsache, daſs man lange Zeit die ganze Erde als ausgedehnt und materiell, aber als unbeweglich im Raume gedacht hat, mithin muſs die Materie auch als unbeweglich gedacht werden können, abgesehn davon, daſs die Frage über

Digitized by Google

die Beweglichkeit der bereits als existirend gedachten Materie erst dann gegeben werden kann, wenn ein neuer Begriff, nämlich der einer Veränderung ihres Orts, hinzukommt.

Die erste Bedingung des Seyns der Materie, wie sie von uns vorgestellt wird, ist also Ausdehnung. Diese Ausdehnung muſs aber nach drei Dimensionen statt finden, weil weder die geometrische Linie noch die Fläche für materiell gilt. Die Materie ist aber nicht die bloſse Ausdehnung, denn dieses ist ein abstracter Begriff, noch auch das Ausgedehnte, der Raum, welchen die Geometrie miſst, denn wir nennen ebensowenig den Raum, welchen drei Linien einschlieſsen, als denjenigen, welcher durch sechs gleiche quadratische Flächen umschlossen wird, materiell, überlassen vielmehr die Ausmessung des bloſsen Raumes der Geometrie, welche den nach drei Dimensionen ausgedehnten Raum sogar einen Körper, aber in dieser Beziehung einen geometrischen nennt, sofern sie nichts anderes als die Grenzen des Raumes berücksichtigt[1]. Weil aber die Materie durch ihre Ausdehnung den Raum giebt, welcher ohne die Materie ein nicht materieller, bloſs geometrischer seyn würde, muſs sie auch nothwendig im Raume anwesend seyn, mithin das Leerseyn desselben aufheben, ihn folglich erfüllen, und man ist also hiernach gezwungen zu gestehn, daſs die unserer Vorstellung gegebene Materie den Raum durch ihr bloſses Seyn, durch ihre Existenz erfülle. Hiergegen kann die Porosität vieler Körper keinen Einwurf bilden, denn wo Poren sind, da ist an sich keine Materie. Kant hat zwar hiergegen eingewandt, daſs die Materie den Raum nicht durch ihre bloſse Existenz erfüllen könne; weil einen Raum erfüllen so viel heiſse, als jedem Eindringenden Widerstand leisten, wozu eine Kraft erfordert werde, allein gegen dieses Argument haben sich bereits Mayer und v. Busse erklärt[2], und es fällt auch leicht in die Augen, daſs dasselbe auf einer falschen Definition beruht, aus welcher dann weiter geschlossen wird; das Widerstandleisten gegen eindringende Materie setzt eine Thätigkeit der letztern, als bereits existirenden, voraus, da doch nur erst von ihrer Existenz die Rede ist, ohne irgend eine

---

1 Vergl. Musschenbroek Introd. T. I. §. CXLVIII. ff.
2 An oben ang. Orten.

Digitized by Google

Thätigkeit oder Veränderung, also auch ohne Bewegung, insofern es doch wohl keinem Zweifel unterliegt, daſs die Materie als ruhend und ohne Thätigkeit vorgestellt werden könne[1].

17) Ist es somit erwiesen, daſs die von uns vorgestellte Materie ausgedehnt und den Raum erfüllend genannt werden müsse, so ist hiermit die zweite ihr nothwendig zukommende Eigenschaft, nämlich die *Undurchdringlichkeit*, von selbst gegeben, indem diese weiter nichts sagt, als daſs durch das angenommene Seyn derselben im Raume das Vorhandenseyn einer andern Materie in ebendemselben ausgeschlossen wird. Um hierbei Miſsverständnisse zu vermeiden, muſs man zugestehn, daſs das Wort Undurchdringlichkeit, welches seine alten usurpirten Rechte auch gegenwärtig noch behauptet, nicht ganz zweckmäſsig gewählt sey, indem das Durchdringen soviel als ein temporäres Hindurchgehn bezeichnet, die Undurchdringlichkeit der Materie aber eine bleibende Anwesenheit einer Materie in dem von einer andern Materie bereits erfüllten Materie ausschlieſst. Will man indeſs hierbei nicht zu strenge seyn, so muſs eine durchdringende Materie auf jeden Fall während einer endlichen Zeit in dem gegebenen Raume anwesend seyn, während welcher in dem von ihr eingenommenen Raume eine andere nicht zugleich seyn kann, weil sonst zwei in Beziehung auf diese wesentliche Bedingung ihre Existenz, nämlich die Raumerfüllung, als verschieden gesetzte Materien zugleich auch gleich seyn müſsten, was ein unmittelbarer Widerspruch seyn würde, und somit kann das hierdurch

---

1 Mollweide in Gehlen's Journ. 1806. Th. I. S. 658. hat bereits diese Aufgabe sehr klar und bestimmt gelöset. Er sagt: „Es ist sonderbar, daſs Kant den Satz des zureichenden Grundes selbst auf „die Materie anwendet, und doch den Satz des Widerspruches nicht „darauf angewandt wissen will. Man kann ihm aber eben so gut, wie „er sagt, daſs der Satz des Widerspruchs keine Materie zurücktreibe, „entgegensetzen, daſs noch viel weniger der Satz des zureichenden „Grundes eine Materie in Bewegung halte. Kant scheint mir hierbei „offenbar zu schikaniren; denn es ist ja nicht davon die Rede, was „der Satz des Widerspruchs oder zureichenden Grundes *bewirke*, sondern was aus dem Erfahrungsbegriffe der Materie nach den Gesetzen „des Denkens nothwendig folge." Vergl. J. T. Mayer in Gren's Journ. VII. 211 u. 212.

Digitized by Google

näher erklärte Wort Undurchdringlichkeit zur Bezeichnung der zweiten nothwendigen Bedingung oder wesentlichen Eigenſchaft der Materie immerhin beibehalten werden.

18) Auſser diesen beiden mit und durch die Existenz der Materie (sofern nicht von ihrem eigentlichen Wesen, sondern nur von unserer Vorstellung derselben die Rede ist) gegebenen wesentlichen und nothwendigen Eigenschaften derselben giebt es keine[1]; inzwischen liegt dieser Mangel einer weitern Bestimmung ohne Zweifel bloſs an unserer unvollkommenen Kenntniſs, die anderweitigen nähern Bestimmungen ein Ziel setzt, insbesondere deswegen, weil wir zu diesem Behuf alle Materie kennen müſsten, um nicht vom Einzelnen auf das Allgemeine unbegründete Schlüsse zu fällen. Zunächst kann man wohl *Beweglichkeit* als aller Materie zukommend betrachten, insofern nach unserer bestehenden Kenntniſs derselben keine unbewegliche und wohl kaum eine unbewegte Materie vorhanden ist, so daſs es vielleicht unmöglich seyn würde, die allgemeine Behauptung ihrer Beweglichkeit zu widerlegen, wenn die Gesetze der Logik diese aufzustellen verstatteten.

19) Eine hiermit sehr nahe zusammenhängende Frage ist die, ob die Materie ursprünglich und nothwendig mit Kräften verbunden sey. Es läſst sich hierauf antworten, daſs allerdings Kräfte in der materiellen Natur vorhanden seyn und auch in Folge unserer Vorstellung von der Materie angenommen werden müssen, weil durch ihre bloſse Existenz und deren Bedingung, nämlich Ausdehnung und Undurchdringlichkeit, keine Ursache zu irgend einer der zahllosen Veränderungen gegeben ist, die sich unserer Beobachtung unausgesetzt darbieten; in welchem Verhältnisse jedoch die Kräfte zur Materie stehn, wird so lange ungewiſs bleiben, als wir das eigentliche Wesen beider nicht kennen. Die Behauptung, es könne eine Sache nur so und nicht anders vorgestellt werden,

---

1 Die sonstigen Eigenschaften, welche andere Phyſiker als wesentliche derselben beilegen, z. B. Th. Young in Lect. T. I. p. 607. fallen entweder hiermit zusammen, oder sind nicht als nothwendige zu betrachten, z. B. die Theilbarkeit, die auf materielle Atome nicht anwendbar ist, die Trägheit, welche nicht zum Begriffe der Materie nothwendig gehört, und Gravitation, deren Allgemeinheit noch nicht einmal erwiesen ist.

Digitized by Google

erfordert zwar weit mehr Vorsicht, als meistens dabei angewandt wird, weil genau genommen einem jeden nur über sein individuelles Vorstellungsvermögen ein Urtheil zusteht, allein in dem vorliegenden Falle läſst sich doch mit Grunde sagen, daſs die Materie allerdings als das Todte, aller Kräfte beraubte, vorstellbar sey, weil die Mechanik in ihren gesammten Demonstrationen sie als solche betrachtet. Hiernach wird indeſs nicht entschieden, daſs dieses wesentlich so sey, und das wirkliche Verhältniſs der Materie und Kräfte zu einander kann daher weder durch Speculation, noch durch Erfahrung ergründet werden. Ebenso wenig sicher ist die Entscheidung darüber, ob es Kräfte giebt, die der Materie vorausgehn (Kant's Grundkräfte), ob allgemeine und specielle, primitive und abgeleitete u. s. w., allein zum Glück sind alle diese abstracten Untersuchungen für die auf Erfahrung gestützte Physik nach ihrem jetzigen Bestande noch von sehr geringem Nutzen[1]. Eine allgemeine, allem Materiellen zukommende Kraft scheint die *Anziehung* zu seyn, deren Wirkungen die Erfahrung überall nachweiset und die daher bereits für sich untersucht worden ist[2], deren eigentliches Wesen wir jedoch ihrer Allgemeinheit ungeachtet noch nicht kennen. Man hat gefolgert, daſs durch anhaltende Wirksamkeit dieser Attraction alles Materielle endlich zu einer absolut dichten Masse vereint werden müsse und daher eine ihr entgegenwirkende *Abstoſsungskraft* erfordert werde, um jenen Einfluſs zu mindern; allein dieser Schluſs ist unzulässig, indem jene Bedingung durch den Wechsel der ungleichen Anziehungen verschiedener in Conflict kommender Materien erreicht werden könnte. Folgte z. B. eine Materie A der Anziehung gegen eine andere B, und käme eine dritte C mit einer ungleichen Anziehung gegen A und B hinzu, so würde jene erstere zwischen A und B hierdurch bedingt werden; das Nämliche könnte dann wieder in Beziehung auf eine weitere D der Fall seyn, und sofort mit den mannigfaltigsten durch Masse und Entfernung gegebenen Modificationen, so daſs bei der unübersehbaren Gröſse der Natur der endliche Erfolg aller dieser wechselnden Conflicte gar nicht zu berechnen seyn würde. Nur zwei Sätze sind in

1 Vergl. Art. *Kraft*.
2 Vergl. *Anziehung*.

dieser, dem menschlichen Verstande vielleicht nie lösbaren Aufgabe als gewiſs zu betrachten, nämlich zuerst, daſs es bis jezt keine Erscheinung giebt, deren Erklärung die Annahme einer Repulsivkraft nothwendig fordert[1], und zweitens, daſs beide Kräfte, Anziehung und Abstoſsung, nicht als einander absolut entgegengesetzte Grundkräfte vorhanden seyn können, weil sie sich sonst als positiv und negativ um gleiche Gröſsen aufheben, und nur einen Rest der einen oder der andern übrig lassen müſsten. Die Nachfolger Kant's reden zwar von einem stets wechselnden Conflicte beider, allein dieser ist unstatthaft, weil sie sonst selbstständig wollend seyn müſsten, und somit nicht in das Gebiet der Naturlehre gehörten, oder auſser ihnen noch eine dritte, ihre Thätigkeit bedingende Kraft erfordert würde, für welche dann abermals freie Willensäuſserung anzunehmen wäre und so in endloser Speculation weiter. Hiermit ist indeſs bloſs der Beweis einer nothwendigen Existenz einer solchen Dehnkraft umgestoſsen, keineswegs aber bewiesen, daſs dieselbe nicht existiren könne oder nicht wirklich existire.

20) Nach Kant ist die Materie ins Unendliche theilbar, und man hat es seitdem als einen Vorzug der dynamischen Theorie vor der atomistischen angesehn, daſs die letztere nach Willkür untrennbare Atome und leere Zwischenräume annehmen müsse, was die erstere nicht bedürfe; wobei es jedoch fraglich bleibt, ob die Annahme einer unendlichen Theilbarkeit nicht gleichfalls willkürlich und unbegründet sey. Die Frage, ob man bei fortgehender Theilung der Materie endlich untheilbare Elemente, Atome, erhalte, ist indeſs schon älter und hat die verschiedenen Hypothesen über das eigentliche Wesen der Materie veranlaſst. Biot[2] erklärt das Ganze für einen bloſsen Wortstreit, und unterscheidet die geometrische Theilung von der physischen, wovon jene ins Unendliche gehn, diese aber überall unbestimmbar seyn soll. Allerdings beruht die Sache auf einem Wortstreite, läſst sich jedoch auf bestimmte Sätze zurückbringen, wenn man sie noch etwas schärfer auffaſst, als dort geschehn ist. Zuvörderst wird, nach der gewöhnlichen Ansicht der Sache, für unbestreitbar ange-

---

1 Vergl. J. T. Mayer in Gren's Journ. VII. p. 212.

2 Traité de Phys. cet. T. I. p. 4.

Digitized by Google

nommen, daſs der Raum ins Unendliche oder unendlich theilbar sey. Ist nämlich ein endlicher Raum gegeben, so läſst sich dieser halbiren und die Hälfte abermals, so daſs dieses wegen mangelnder Bedingung des Aufhörens ins Unendliche fortgehn muſs. Wird auf gleiche Weise ein endlicher Raum durch eine Linie bc bezeichnet, so kann von einem in endlicher Entfernung von beiden liegenden Puncte a aus eine unendliche Menge geometrischer divergirender Linien gezogen werden, welche insgesammt die Linie bc schneidend diese in eine unendliche Menge Theile theilen, da geometrische Linien keine Dicke haben, mithin den Raum bc nie erfüllen. Beide Sätze werden auf die Materie angewandt, indem man sagt, daſs auch hierbei kein Grund vorhanden sey, die fortgesetzten Halbirungen abzubrechen, und es müsse von einem materiellen Faden bc das Nämliche gelten, was von der mathematischen Linie erwiesen sey. Hiergegen läſst sich nun zwar einwenden, daſs diese Folgerung unbewiesen ist, weil zuerst zwischen einem materiellen Faden und einer geometrischen Linie ein Unterschied statt findet, mithin von beiden nicht ohne Weiteres das Nämliche prädicirt werden kann, und zweitens folgt die unendliche Theilbarkeit nicht aus dem gegebenen Begriffe der Materie, wonach sie das Bewegliche im Raume seyn solle [1]. Die Aufgabe läſst sich indeſs von einer andern Seite betrachtet lichtvoller darstellen. Es liegt nämlich hierbei abermals eine Verwechslung der Begriffe: ins Unendliche und unendlich klein, zum Grunde. *Ins Unendliche theilen* heiſst nichts weiter als verneinen, daſs ein Grund zum Aufhören des Theilens vorhanden sey, *unendlich* theilen heiſst aber die Theilung bis so weit fortsetzen, daſs die Theile keine meſsbare Gröſsen, und da die Geometrie sich bloſs mit dem Ausmessen der Gröſsen beschäftigt, überall keine Gröſsen

1 Ich finde den von Kant gegebenen Beweis der unendlichen Theilbarkeit S. 34. ganz unhaltbar, und will, um kurz zu seyn, nur bemerken, daſs die Materie, als durch ursprüngliche Ausdehnungskraft undurchdringlich gesetzt, dieser ihrer Wesenheit nach dem Trennenden oder Theilenden unüberwindlichen Widerstand entgegensetzen und somit die Theilung unmöglich machen müſste. Gilt ferner der Conflict der Grundkräfte für jeden Punct, so ist letzterer entweder ein mathematischer oder nicht. Im ersten Falle ist Raum und Materie eins, im letztern kann von einem mathematischen und materiellen Puncte nicht das Nämliche prädicirt werden.

Digitized by Google

mehr sind, folglich mit dem *Nichts* zusammenfallen. Eben darum läſst sich das Unendlichkleine nicht mit einander vergleichen, sondern ist allezeit sich selbst gleich; auch kann es nicht summirt werden, indem vielmehr eine unendliche Menge unendlich kleiner Theile erfordert wird, um eine, auch nur die kleinste, endliche Gröſse zu erhalten; eine unendliche Menge kann aber nie gegeben werden, weil mit dem Aufhören des Hinzusetzens oder Vermehrens auch das Wesen der Unendlichkeit (die jedes Ende negirt) aufgehoben würde.

Daſs diese Ansicht vollkommen richtig sey, kann sogar geometrisch demonstrirt werden. Wird nämlich die Linie bc durch eine unendliche Menge vom Puncte a ausgehender divergirender Linien, deren äuſserste ag und af seyn mögen, in unendlich kleine Theile getheilt, so muſs eben dieses auch bei der beliebig entfernten de der Fall seyn. Weil aber de offenbar gröſser ist als bc, so würde hieraus folgen, daſs eine gleiche Menge unendlich kleiner Theile verschieden groſse endliche Gröſsen gäben, was mit sich selbst im Widerspruche steht. Nach den richtigen Grundsätzen der Geometrie gäbe aber erst eine unendliche Menge unendlich kleiner Theile eine endliche Gröſse, die jedoch nicht zu erhalten steht, weil eben das Ende des Zusammennehmens im Begriffe selbst verneint wird. So lange daher bei den Linien bc und de bloſs von unendlich kleinen Theilen die Rede ist, findet die Verneinung des Vorhandenseyns einer endlichen oder meſsbaren Gröſse statt, und ihre anderweitig bekannte endliche Gröſse kommt gar nicht in Betrachtung[1]. Sogar in der Praxis geht die Richtigkeit dieser Bestimmungen der überall consequenten Geometrie hervor. Zwei in einigen Fuſs Abstand von einander herabhängende Lothe heiſsen nämlich parallel, jedoch nur insofern, als ihre nicht absolut unendlich kleine Divergenz als wirklich unendlich klein betrachtet, und somit = 0 gesetzt wird.

---

1 Eine ähnliche Beseitigung eines sophistischen Satzes findet man im Art. *Bewegung* Bd. I. S. 928. Es läſst sich hieraus entnehmen, wie sehr groſsen Abbruch der von Kant begonnene, von den spätern deutschen Naturphilosophen bis zum Uebermaſs nachgeahmte Miſsbrauch des Ausdrucks: Unendlich, der richtigen Forschung thun muſste, welcher nur dazu führte, die Erkenntniſs der Wahrheit denen unmöglich zu machen, welche von der sogenannten Rechnung des Unendlichen etwas gehört hatten, ohne es zu verstehn.

Digitized by Google

21) Es ist sehr leicht, hiervon eine Anwendung auf die unendliche Theilbarkeit der Materie zu machen. Man darf allerdings sagen, die Materie sey *ins Unendliche* theilbar, und zwar in zweifacher Beziehung. Zuerst läſst jeder wirklich gegebene Körper sich halbiren, die Hälfte wieder und so fort, ohne daſs jemand wegen Mangels an Kenntniſs des eigentlichen Wesens der Materie und der Gröſse ihrer hypothetischen Atome sagen kann, eine weitere Theilung sey unmöglich. Hier ist also die Behauptung einer Theilung ins Unendliche nichts weiter als eine Negation unserer Kenntniſs der wirklichen Gröſse der Körperelemente. Zweitens kann jene Behauptung in dem Sinne aufgestellt werden, daſs wirklich viele Körper factisch in kleinere Theile sich zerlegen lassen, als welche noch Gegenstand unserer Messung und Vorstellung bleiben, wie schon oben bemerkt worden ist[1]. Es kann jedoch keineswegs mit scharfer Begriffsbestimmung gesagt werden, die Materie sey unendlich theilbar, oder es gebe unendlich kleine Theile der Materie; denn da das mathematische unendlich Kleine mit dem Nichts zusammenfällt und von beiden nichts prädicirt werden kann, so würde dieses so viel heiſsen, als es gebe ein Nichts, von dem nichts prädicirt werden könne, welches aber zugleich ein Etwas sey, von dem etwas prädicirt werden könne. Zugleich kann das Unendlichkleine nicht summirt werden, und wollte man sagen, daſs eben die unendliche Menge der unendlich kleinen Theilchen eines Körpers vereint diesen wieder geben müſsten, so ist dieses zwar ein ganz artiges Spiel mit Worten, allein dabei ist vergessen, daſs nach der eben mitgetheilten geometrischen Demonstration die unendliche Menge unendlich kleiner Theilchen das aus ihnen hervorgehende Endliche gar nicht zu bestimmen vermag, abgerechnet, daſs es hiernach auch erlaubt seyn müſste, den Körper vorher erst in zwei oder mehrere Theile zu theilen, wonach es dann zwei halbe unendliche Mengen unendlich kleiner Theile gäbe, eine Absurdität, aus welcher deutlich hervorgeht, daſs der Begriff des unendlich Kleinen auf die ihrem Wesen nach stets endliche Materie gar keine Anwendung leidet. Die Materie endlich ist das Ausgedehnte im Raume, das Raum Erfüllende, der körperliche Raum aber hat

1 Vergl. *Theilbarkeit.*

drei Dimensionen, welche allezeit meſsbar, also endlich seyn müssen, und nie unendlich klein, d. h. = 0, werden können, ohne in einen geometrischen Punct überzugehn, und somit aufzuhören materiell zu seyn[1].

Die dynamische Hypothese überhebt den Forscher mancher schwierigen Untersuchungen, läſst ihn aber ganz unbefriedigt über das Wesen und den Aggregatzustand der Materie, und trennt die abstracten Bestimmungen über dieselbe gänzlich von den Erscheinungen, welche die Beobachtungen darbieten. Ihr entgegen steht die atomistische oder Corpusculartheorie, welche sich jedoch von der ältern wesentlich dadurch unterscheidet, daſs man damals die Gestalt und die wesentlichen Eigenschaften der Atome vorläufig bestimmte, um aus diesen dann die Erscheinungen in der Natur abzuleiten, daſs dagegen jetzt nach einem umgekehrten Verfahren ohne irgend eine vorläufige Bestimmung versucht wird, wohin die Zergliederung der Körper und die Untersuchung ihres verschiedenen Verhaltens endlich führen möge. Auf diesem Wege ist man zwar bis jetzt noch nicht zu dem gewünschten Ziele gelangt, allein er bewahrt mindestens vor Verirrungen, welche durch Aufhebung fortgesetzter Untersuchungen die endliche Auffindung der Wahrheit unmöglich machen.

22) Die *Körper*, welche eigentlich in willkürliche begrenzende Flächen eingeschlossene Materie sind[2], lassen sich insgesammt in Theile zerlegen, die durch fortgesetzte Theilung stets kleiner und kleiner werden, bis sie unserer Wahrnehmung und Messung entschwinden. Da es nach den bis-

1 Kant vergleicht das unendlich kleine Theilchen der Materie mit einem geometrischen Puncte. Allein der geometrische Punct ist die Grenze der Linie, mithin ein bloſser Begriff und kann nie Realität erhalten, eben so wenig als die Grenze der Fläche, die Linie; denn gäbe man jemanden auch die Grenzen aller Staaten der Erde, so hätte er doch noch kein Sandkörnchen Eigenthum.

2 Der Begriff des Wortes Körper ist nicht genau bestimmt, indem es bald Materie überhaupt, bald in geometrische Grenzen eingeschlossene Materie bezeichnet. So heiſst die Luft ein Körper (sollte eigentlich heiſsen ein Körperliches, etwas Materielles) und auch die Kugel, der Würfel u. s. w. heiſsen Körper. Letzterer, auch der Geometrie eigenthümliche, Sprachgebrauch ist der richtige, und dann ist der geometrische Körper der bloſs begrenzte, der physische der zugleich mit Materie erfüllte, endlich begrenzte Raum.

Digitized by Google

herigen Betrachtungen unstatthaft ist, eine geometriſch unendliche Theilung derſelben anzunehmen, wie unmeſsbar klein die Theilchen auch immer werden mögen, und wir ſonach ſchlieſsen müssen, daſs man zuletzt zu untheilbaren Theilchen, oder Atomen, gelangen müsse, so führt dieses zu einer doppelten Frage, nämlich zuerst, *ob diese Atome gleich oder verschieden geformt sind*, und zweitens, *ob sie insgesammt gleiche oder verschiedene Gröſse haben*. Liegt es gleich auſser den Grenzen der Möglichkeit, diese Fragen direct zu beantworten, da dieses nur vermittelst der Beobachtungen und Messungen geschehn könnte, so lassen sich doch auf unzweifelhafte Wahrnehmungen mindestens sehr wahrscheinliche Schlüsse gründen. Bei einer Zertheilung organischer Körper oder mikroskopischer Beobachtung derselben zeigt sich eine unverkennbare Regelmäſsigkeit ihrer feinern Bestandtheile, die sich als Fäden, Lamellen, Häute u. s. w. absondern lassen. Mikroskopische Beobachtungen, welche ich mit den aus Brod, Mehl, gekochten Kartoffeln u. s. w. im Wasser entstandenen feinsten leblosen Gebilden anstellte, zeigten mir dieselben aus feinen einzelnen und kreuzweise gelagerten Cylinderchen bestehend. Gekochtes und im Wasser fein vertheiltes Stärkemehl namentlich, welches zehn Jahre unter sehr verschiedenen Einflüssen in einem verschlossenen Glase gestanden hatte, war zu einer aus lauter vereinten Fäden bestehenden Masse umgewandelt. Ungleich mehr aber zeigt sich bei einer groſsen Menge unorganischer Körper, namentlich bei den krystallisirten, nicht bloſs im Allgemeinen eine regelmäſsige Gestalt, sondern manche derselben lassen sich als Combinationen zweier oder mehrerer einfacher Gestalten betrachten. Man kann sie ferner meistens nach gewissen Richtungen leicht spalten, die von den Mineralogen *Blätterdurchgänge* genannt werden, deren jeder Krystall mindestens drei mehr oder minder leicht aufzufindende hat [1]. Die Gestalt, welche der natürliche Krystall darbietet, nennt Haüy die abgeleitete (*forme secondaire*), diejenige aber, welche man nach Wegnahme der äu-

1 Daniell hat gezeigt, daſs ſie nicht bloſs durch mechanische, sondern auch durch chemische Trennungsmittel zum Vorschein kommen. Journ. of the Royal Inst. N. 1. p. 24. Daraus in Schweigg. Journ. XIX. p. 38.

Digitized by Google

ſeiner Theile als Hauptgestalt erhält, ursprüngliche oder *Kerngestalt* (*forme primitive*). Die Menge der abgeleiteten Gestalten ist sehr groſs, der ursprünglichen oder Kerngestalten giebt es aber nur sechs, nämlich das regelmäſsige Tetraeder, das Parallelopipedon (wozu auſser dem regelmäſsigen jede vierseitige Doppelpyramide gehört), das regelmäſsige sechsseitige Prisma, das Dodekaeder mit vierseitigen Flächen und das Triangulardodekaeder. Die weitere Zertheilung der beiden genannten Krystallformen oder eigentlicher der letztern führt zu stets kleinern, so weit die Beobachtung reicht, sich stets gleichbleibenden Theilchen, welche Hauy in ihrer kleinsten, keine weitere Theilung zulassenden Ausdehnung als *Grundbestandtheile* der Krystalle (*molécules intégrantes*) betrachtet. Es ist von selbst einleuchtend, daſs diese nichts anders als Atome sind, und es mag daher hier ein für allemal gesagt werden, daſs die Mineralogen, Chemiker und Physiker nur den verpönten Namen Atome zu umgehn suchen, da doch Molecüle, chemische Aequivalente, Gewichttheilchen u. s. w. nichts anderes sind, als die kleinsten, nicht weiter trennbaren Grundbestandtheile der Körper, die daher mit dem alten, ihr Wesen genau bezeichnenden Namen Atome am besten benannt werden. Nach Hauy giebt es nur drei Formen der Molecülen, nämlich das Parallelopipedon, das Tetraeder und die dreiseitige Säule, weil diese Körper von der geringsten Menge von Flächen begrenzt sind, und zur Erzeugung sämmtlicher Kerngestalten ausreichen. Bei ihrer Kleinheit würde indeſs eine bloſse Aggregation derselben keinen regelmäſsigen Körper bilden, und es wird daher angenommen, daſs sie gewisse Axen haben, die in bestimmten Richtungen Anziehung gegen einander ausüben, wodurch dann die Regelmäſsigkeit ihrer Lagerung bedingt wird, wie man sich leicht vorstellen kann. Auf diese Weise wird es erklärlich, wie Krystalle mit Kerngestalten und secundären Gestalten allmälig wachsen, wenn die in den auflösenden Flüssigkeiten leicht beweglichen Molecüle sich auf die Oberflächen der anfänglich gebildeten Krystalle lagern[1], sobald sie von diesen stärker als von dem auflösenden Mittel angezogen werden.

---

1 Hauy Lehrbuch der Mineralogie u. s. w. Ueb. von D. L. G. Karsten Leipz. 1804. Th. I. i. A. Ueber das Ganze vergleiche den

Digitized by Google

23) Nach dieser Ansicht sind also die Atome derjenigen Körper, welche krystallisiren, regelmäſsig geformt, eine Hypothese, welche die Erscheinungen am leichtesten erklärt und insofern mindestens einige Unterstützung in der Erfahrung hat, als die Formen der Theile bei fortgesetzter Theilung sich gleich bleiben, mithin auch als gleichbleibend betrachtet werden können, wie weit man auch die Theilung fortgesetzt denken mag[1]. Hierbei ist jedoch zu berücksichtigen, daſs es nur wenige Krystalle einfacher Stoffe giebt, nämlich den Diamant und die meisten Metalle, alle übrige bestehn aus binären oder mehrfach binären Verbindungen, und es ist sonach die Frage, ob die zur Bildung dieser Krystalle dienenden Atome gleichfalls für geformt zu halten sind. Die Beantwortung derselben führt indeſs zu einer andern, nämlich ob Gründe vorhanden sind, alle Atome für geformt zu halten, und falls diese verneint werden sollte, welche von ihnen.

Wenn die atomistische Hypothese hierüber keine Auskunft giebt, so berechtigt dieses keineswegs dazu, der entgegengesetzten dynamischen den Vorzug einzuräumen, denn diese läſst über die verschiedene Beschaffenheit der Körper völlig im Dunkeln. Da es jedoch unmöglich ist, über diese auſser den Grenzen der Erfahrung liegende Probleme nur mit überwiegender Wahrscheinlichkeit, viel weniger mit Gewiſsheit, irgend etwas zu bestimmen, so läſst sich bloſs etwa Folgendes angeben. Zuvörderst ist eine Verschiedenheit der einzelnen materiellen Stoffe keinen Augenblick zu bezweifeln; denn Biot[2] sagt mit Recht, das Gold z. B. und jeder sonstige einfache Körper bleibt stets derselbe und mit den nämlichen Eigenschaften versehn, wie vielfach auch die Verbindungen seyn mögen, in welche wir denselben bringen. Zweitens muſs jedes Atom der Natur der Sache nach geformt seyn, denn es bleibt stets materiell, mithin ausgedehnt, und jede Ausdehnung,

---

Art. *Krystall*, insbesondere *Krystallogenie*. Bd. V. S. 1340. Nach Savart zeigen auch nicht krystallisirte Metalle auf ihrer Oberfläche eine Art krystallinischen Gefüges, welches namentlich beim Moiré métallique sichtbar wird. An. Ch. Ph. XLI. 61.

1 Auch nach de la Metherie in Journ. de Phys. T. LXXI. p. 417. kommt die Gestalt der Molecülen bei der Bildung der Körper nicht weniger in Betrachtung als ihre Masse.

2 Traité u. s. w. T. I. p. 5.

Digitized by Google

wie klein sie auch seyn mag, setzt allezeit eine Form voraus. Hierauf führt auch die Erfahrung, insofern die kleinsten, dem Auge entschwindenden, mithin um so mehr formlosen Bestandtheile der Körper unter stark vergröſsernden Mikroskopen wieder geformt erscheinen, was zu dem Schlusse berechtigt, daſs dieses fortwährend der Fall seyn würde, wenn wir die Vergröſserungen ohne Grenzen zu erhöhen vermöchten. Es ist daher auch kaum zweifelhaft, daſs alle Atome der nämlichen Materie gleich geformt sind, und es bleibt somit bloſs im Dunkeln, ob alle Atome einander gleich und ob sie insgesammt oder einige derselben reguläre Körper sind. Hierüber eine auch nur wahrscheinliche Vermuthung aufzustellen, würde mit dem Geiste einer Naturphilosophie streiten, deren unverbrüchliches Gesetz ist, sich nie zu weit von der Erfahrung zu entfernen. Alle die zahllosen Gestalten aber, unter denen uns die mannigfaltigen organischen und unorganischen Körper erscheinen, zu einem Gemeinsamen zu verbinden, um die Formen der sie bildenden Atome daraus zu bestimmen, liegt ganz auſser den Grenzen des menschlichen Forschungsvermögens. Wenn also von den Formen der Atome (*molécules intégrantes*) einiger Krystalle geredet wird, so gilt dieses bloſs als ein Versuch, auf diese hypothetisch die Entstehung der Kerngestalten und der abgeleiteten zurückzuführen, mithin nur einen einzigen Schritt weiter zu gehn, als der durch Erfahrung gebahnte Weg vorliegt, ohne mit ungebührlicher Dreistigkeit das dunkle Gebiet der Untersuchungen über das eigentliche Wesen der Materie zu betreten.

24) Einige Gelehrte haben beiläufig geäuſsert, die verschiedene Form der Krystalle lasse sich auf bloſs kugelförmige Atome zurückführen, und es sey daher am natürlichsten, diese Gestalt als die einfachste allen beizulegen. Es liegt in der Natur der Sache, daſs ein solcher Satz bloſs als Hypothese aufgestellt wurde, um die Möglichkeit einer Construction der verschieden gestalteten regelmäſsigen Krystalle aus kugelförmigen Atomen nachzuweisen, ohne auf das Ganze einen besondern Werth zu legen. Bei der später zu erwähnenden Hypothese, wonach die Körper insgesammt aus Atomen mit Wärmeatmosphären umgeben bestehn sollen, wird die Form der Atome entweder als auſserwesentlich betrachtet, oder die Kugelgestalt, als die einfachste, ohne ausdrückliche Bestimmung,

Digitized by Google

stillschweigend vorausgesetzt. Sollen aber die verschieden gestalteten, in ihrer Kernform jedoch einander stets gleichen Krystalle insgesammt aus kugelförmigen Atomen gebildet werden, und will man zur Erklärung ihrer Verschiedenheit nicht nach scholastischer Weise zu gewissen unbekannten Kräften seine Zuflucht nehmen, so müssen den Molecülen Axen beigelegt werden, welche die Richtung der Anziehung bedingen und somit verschiedenförmige Kerngestalten erzeugen. Unter allen Versuchen einer solchen Erklärungsart scheint mir der von Seeber[1] am gelungensten, indem zuerst nachgewiesen wird, auf welche Weise nach Haüy aus den Elementarmolecülen die Kerngestalten der Krystalle entstehn können, dann aber die allerdings gegründete Bemerkung folgt, daſs nach der Darstellung jenes berühmten Mineralogen die Flächen der polyedrischen Molecülen sich berühren müſsten, was gegen die Zusammenziehung der Körper durch Kälte streitet, und hierauf beruhn dann die Gründe zu der neuen Theorie. Läſst sich gleich hiergegen mit Grunde einwenden, daſs aus der polyedrischen Gestalt der Atome keineswegs die unmittelbare Berührung nothwendig folgt, indem ja selbst zwei völlig ebene Spiegelscheiben unter dem Recipienten der Luftpumpe und mit bedeutenden Gewichten beschwert sich nicht völlig berühren, weil sonst der unter ein Viertel der Lichtwellenlänge herabsinkende Zwischenraum zwischen ihnen sich schwarz zeigen müſste[2], so ist es doch offenbar einfacher und zur Erklärung der Bildung aller, auch der nicht krystallisirten, Körper geeigneter, den sämmtlichen Atomen die Kugelgestalt beizulegen, und aus diesen durch die eigenthümliche Anziehung ihrer Axen die parallelopipedische Gestalt abzuleiten, welche dann zur Bildung aller Kerngestalten genügt. Die Hauptsache beruht dann ferner darauf zu zeigen, daſs sich anziehende und repulsive Kräfte nicht bloſs vorstellen, sondern selbst auf einen analytischen Ausdruck zurückführen lassen, welche für geringe Entfernungen ein stabiles Gleichgewicht (*équilibre stable*) geben, für gröſsere dann in zunehmend wachsende Anziehung, für geringere dagegen auf gleiche Weise in Abstoſsung übergehn. Seeber hat in dieser gehaltreichen Unter-

1 G. LXXVI. 229. 349.

2 Vergl. *Interferenz.* Bd. V. S. 785.

Digitized by Google

suchung sogar gezeigt, auf welche Weise aus den nach dieser Hypothese gebildeten parallelopipedischen Elementarkörpern durch Zusammenlagerung nach bestimmten Gesetzen eine Menge der bekannten Krystalle entstehn könne.

In der erwähnten Demonstration werden ohne nähere Bezeichnung attractive und repulsive Kräfte angenommen, allein es ist gewiſs von groſser Wichtigkeit, das eigentliche Wesen nebst den Bedingungen derselben und die Gründe, worauf ihre Annahme beruht, näher zu untersuchen. Ehe dieses aber geschehn kann, ist es zweckmäſsiger, die oben aufgeworfene zweite Frage, nämlich, ob alle Atome gleiche oder ob sie eine verschiedene Gröſse haben, etwas näher zu erörtern. So wie aber bei den eben angestellten Betrachtungen die Mineralogie oder vielmehr die Krystallonomie hülfreichen Beistand geleistet hat, ebenso muſs bei den folgenden die *Chemie* in Anspruch genommen werden.

25) So lange man glaubte, durch bloſse Zerlegungen zur quantitativen Bestimmung der in den gegebenen Körpern vereinten Bestandtheile zu gelangen, konnte die Chemie über das Wesen der letztern keine Auskunft geben und bloſs zur Kenntniſs ihrer unterscheidenden Eigenschaften führen. Seitdem aber durch Richter die Stöchiometrie eingeführt ist, muſs diese nothwendig mit den allgemeinen physikalischen Fundamentalgesetzen der Körper in Einklang gebracht werden. Schon das Wort *Stöchiometrie* (von στοιχεῖον, *elementum*) *setzt* die Annahme von Elementen, kleinsten nicht weiter theilbaren Theilen, also Atomen, voraus, deren verhältniſsmäſsige, also bloſs relative Gröſse bei den zahllosen, in der Chemie vorkommenden, quantitativen Bestimmungen zum Grunde liegt, und weil jenes Verhältniſs zunächst nach dem Gewichte bestimmt wird, zugleich es aber bedenklich schien, den eigentlichen bezeichnenden Namen, Atom, wieder einzuführen, so bezeichnete man diese Elemente durch die Namen *Molecüle, chemische Gewichte, Mischungsgewichte, Gewichtsverhältnisse, stöchiometrische Verhältnisse, stöchiometrische Zahlen, chemische Aequivalente, Atomgewichte* u. s. w. Man war jedoch weit entfernt, über diese Atome, auſser ihrem relativen Gewichte, irgend etwas festzusetzen, oder wohl gar die verschiedene Beschaffenheit der Körper aus ihren Eigenschaften abzuleiten, vielmehr bestimmte man diese bloſs nach den Re-

Digitized by Google

sultaten der Erfahrung. Wenn nun gleich kein innerer Widerspruch darin liegt, mit Kant anzunehmen, daſs diese Elemente der Körper der Dehnkraft und Ziehkraft zu ihrer Existenz bedürften, falls dieses im Voraus bewiesen wäre, so ist doch die unendliche Theilbarkeit der Materie und die ganze Summe der Folgerungen, welche die dynamische Naturlehre nothwendig fordert, mit der Stöchiometrie durchaus unvereinbar, man müſste denn annehmen, daſs von Ewigkeit her oder seit einem hypothetischen Schöpfungsacte, die constituirenden Kräfte für immer zu den jetzt bestehenden Elementen vereinigt wären, was jedoch eine in das Gebiet der vorweltlichen Zeit sich verirrende Pseudonaturphilosophie seyn würde.

Die Stöchiometrie im Ganzen kann hier nicht abgehandelt werden, vielmehr kommt nur dasjenige in Betrachtung, was sich auf das Wesen der Materie bezieht[1], wobei wohl zu berücksichtigen ist, daſs alles auf der Erfahrung und auf unmittelbar hieraus abgeleiteten Schlüssen beruht, und daſs das Ganze nur als eine hülfreiche Hypothese betrachtet werden muſs, um die einzelnen Erscheinungen insgesammt zu einem wissenschaftlichen, auf einem gemeinsamen Erklärungsprincipe beruhenden Systeme zu verbinden, dessen innere Consequenz aber so sehr alle Erwartungen übertroffen hat, daſs jene hiernach als höchst wahrscheinlich und fest begründet erscheinen muſs.

Die Stöchiometrie nimmt an, daſs alles Materielle aus nicht weiter trennbaren Elementen von ungleichem Gewichte bestehe, über deren absolute oder relative Gröſse, sonstige Eigenschaften und Verbindungsarten keine weitere Untersuchung statt findet. In den sogenannten einfachen, bis jetzt unzerlegten und daher vorläufig als unzerlegbar oder einfach betrachteten Körpern, z. B. im Sauerstoffgas, Wasserstoffgas, dem Diamant, den Metallen u. s. w., sind bloſs diese in unbestimmt groſsem und wechselndem Abstande vorhanden, in den zusammengesetzten dagegen sind sie mit andern vereinigt. Diese Verbindungen sind zwei-, drei-, vier- oder vielfache (binäre, ternäre, quaternäre), mit der merkwürdigen Eigenthümlichkeit, daſs die unorganischen Körper bloſs aus binären oder doppelt und vielfach binären Verbindungen bestehn,

---

1 Vergl. Stöchiometrie, im Art. *Verwandtschaft*.

Digitized by Google

die organischen aber faſt ohne Ausnahme aus ternären und vielfachen Verbindungen nach einem mannigfaltig wechselnden quantitativen Verhältnisse. Da die Stöchiometrie die einfachen Elemente als Atome oder materielle, keiner weitern Trennung fähige Körperchen betrachten muſs, so kann sie diese Verbindungen für nichts anders als Nebenlagerungen (*juxtapositiones*) ansehn, und es können sonach mit einem einfachen Elemente = a ein, zwei, drei oder n (wobei n jedoch nicht wohl einen sehr groſsen Werth haben kann und bei innigen Verbindungen der Erfahrung nach nie über 5 hinausgeht) Elemente = b verbunden seyn; unmöglich ist es jedoch, ein halbes oder ein Viertel Element anzunehmen[1], und wenn es daher heiſst, daſs mit einem Elemente a eines Stoffes $\frac{1}{6}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{2}$ eines andern Stoffes b verbunden seyen, so sind diese Bestimmungen bloſs daraus hervorgegangen, daſs man die Verhältnisse auf die kleinsten Zahlen zurückgebracht hat, indem es vielmehr in dem Falle, wenn alle diese Verbindungen zwischen den nämlichen zwei Stoffen statt fänden, heiſsen müſste, daſs der durch 12 zu bezeichnende Stoff a mit 2, 3, 4 und 6 Atomen von b vereinigt sey, so daſs also 6, 4, 3, 2 Elemente von a mit 1 Element von b verbunden wären. Daſs die Umwandlung der bisher angenommenen Aequivalenten-Verhältnisse in diese abgeänderten möglich sey, unterliegt keinem Zweifel, da die Zahlenbestimmungen hierüber willkürlich sind, auch kann es füglich vorgestellt werden, daſs 1, 2, 3, 4... n Elemente eines Stoffes a um 1 Element des Stoffes b gelagert sind, obwohl die Zahl n nicht füglich groſs seyn darf, und es naturgemäſs scheint, daſs die Verbindung mehr nach der Zahlenreihe 1, 2, 4 und etwa 6, aber nicht wohl 3 und 5 fortschreite.

Giebt gleich die Erfahrung durchaus keine Gewiſsheit über die Art der Verbindung einfacher Elemente, so ist es doch allzunatürlich, unter den vielen auch die von 1 und 1 anzunehmen, auf welche Hypothese mehrere Analogieen führen. Versuche z. B. ergeben, daſs 100 Theile Wasser aus 11,1 Wasserstoff und 88,9 Sauerstoff bestehn. Wird das

1 Dalton eiferte hiergegen sehr bei meiner Unterhaltung mit ihm, und war im Begriff, diesen Gegenstand in einer eigenen Abhandlung zu erörtern.

Kleinste hiervon, nämlich der Wasserstoff, als Einheit angenommen, so ist das Atom Sauerstoff = 8, und ebendiese Gröſse geht aus der Vergleichung anderer einfacher Verbindungen hervor. Es enthalten nämlich 100 Schwefelwasserstoffgas 5,9 Wasserstoff auf 94,1 Schwefel; dieses giebt nahe genau das Verhältniſs 1 : 16, welche letztere Zahl dann die Gewichtszahl des Schwefels wäre. Wird diese Bestimmung als richtig beibehalten, so giebt 1 Atom Schwefel = 16 mit 2 Atom Sauerstoff = 16 die schweflige, mit 3 Atomen = 24 die Schwefelsäure. Das Atomgewicht des Bleies wird in einfachster Zahl = 104 gesetzt, weil 1 Atom Blei = 104 mit 1 Atom Sauerstoff = 8 das gelbe Bleioxyd giebt; aber dann enthält das rothe Bleioxyd auf 1 Atom Blei = 104 von Sauerstoff = 1,5 × 8 = 12, was nach atomistischer Ansicht unmöglich ist, weswegen auch Davy und Berzelius das Atomgewicht des Bleies = 208 setzen, welches dann im gelben Oxyd mit 2 Atomen Sauerstoff = 16, im rothen mit 3 Atomen = 24 und im braunen mit 4 Atomen = 32 verbunden wäre. Die beiden genannten Gelehrten haben auch das Atomgewicht des Sauerstoffs = 100 gesetzt, wonach dann das des Wasserstoffs = 6,25 wäre. Man mag indeſs diese Bestimmungen wählen, wie man will, so kommt man allezeit auf das Resultat zurück, daſs die Atome der einfachen Körper ein ungleiches Gewicht haben, denn wenn wir nur bei den gewählten Beispielen stehn bleiben, so wäre es doch gar zu unnatürlich anzunehmen, daſs mit 1 Atom Wasserstoff allezeit 8 Atome Sauerstoff oder mit 1 Atom Sauerstoff 104 Atome Blei vereinigt seyn sollten, welches letztere Verhältniſs sich jedoch hiernach auf 1 zu 13 reduciren würde, aber dennoch allezeit höchst unwahrscheinlich bliebe[1].

26) Darf man es hiernach als entschieden annehmen, daſs die Atomengewichte der einfachen Körper ungleich sind, und zwar nach den mitgetheilten Angaben in einem sehr hohen Grade[2], so müssen sie entweder bei gleicher Gröſse ungleich

---

1 Es muſs der Chemie überlassen werden, die Zahlengröſsen der einzelnen Atomengewichte mit diesen allgemeinen Forderungen der Physik in Einklang zu bringen.

2 Sie differiren von dem des Wasserstoffs = 1 bis zu dem des Uran = 217.

Digitized by Google

von Gewicht seyn, oder ihr ungleiches Gewicht ist eine nothwendige Folge ihrer ungleichen Gröſse. Bei der Untersuchung dieser Frage muſs in voraus erinnert werden, daſs die atomistische Naturphilosophie sich nicht erlaubt, über das Wesen und die Qualitäten der Atome, deren eigentliche Beschaffenheit ganz auſser dem Gebiete der Erfahrung liegt, im mindesten zu entscheiden, sondern daſs sie bloſs das factisch Gegebene hypothetisch zu erklären und unter allgemeine Gesetze zu bringen strebt. Aus diesem Gesichtspuncte die Sache betrachtet giebt es allerdings Gründe, welche für die letztere Meinung entscheiden, die auch im Ganzen nichts weniger als unnatürlich ist, obgleich es auf den ersten Blick auffallend scheinen mag, eigentliche Atome von ungleicher Gröſse vorzustellen; denn auch die gröſsten Atome sind so verschwindend klein, wie die bald zu erwähnenden Versuche von Robert Brown zeigen, daſs keine Vorstellung sie zu erfassen vermag. Für die Annahme einer ungleichen Gröſse der verschiedenen Atome zeugt die vorzügliche Leichtigkeit und Feinheit des Wasserstoffgases (Wasserstoff und Wärme), in gewisser Beziehung die Durchsichtigkeit derjenigen Körper, welche aus den leichtesten Atomgewichten bestehn, indem das Atomgewicht des Kohlenstoffs = 6, des Silicium = 7,4, des Alumium = 9 ist, wogegen die leichtesten unter den eigentlichen Metallen, nämlich die des Mangan und Chrom, = 28 sind. Insbesondere aber gehört hierher die höchst interessante Erfahrung von Döbereiner[1], welcher fand, daſs Wasserstoffgas über Quecksilber gesperrt durch einen feinen Riſs der Campane entwich, welcher sonst keine Gasart durchlieſs, und daſs Weingeist nicht in die höchst feine Oeffnung eines Röhrchens eindrang, aus welcher die erwärmte Luft strömte. Es lieſse sich gegen die hiernach in einem sehr hohen Grade wahrscheinliche Annahme einer ungleichen Gröſse der Atome die durch Newton begründete Wahrheit anführen, daſs alle Materie gleich schwer ist[2], allein mir scheint ein solcher Einwurf bloſs unter der Voraussetzung statthaft, daſs die Atome aller Materien in allen übrigen Stücken einander gleich und

---

1 Die neuesten und wichtigsten physikalisch-chemischen Entdeckungen. Jena 1823. 4. S. 15.

2 Vergl. *Schwere*.

Digitized by Google

bloſs an Gewicht verschieden angenommen würden, wonach also eine gewisse Masse der einen schwerer seyn müſste, als eine gleiche der andern, womit das Newton'sche Gesetz nicht bestehn könnte; sobald man aber annimmt, daſs das Gewicht der Atome in geradem Verhältnisse ihrer Gröſse steht, wie klein beide auch seyn mögen, so ist die Schwere der Masse direct proportional, und eine gleiche Quantität verschiedener Atome, wie ungleich sie übrigens in einem gegebenen Raume vertheilt seyn mögen, oder bei ungleichem specifischem Gewichte, wird allezeit gleichmäſsig von der anziehenden Kraft der Erde sollicitirt werden.

Das Gewicht und die diesem correspondirende Gröſse der Atome sind hiernach also bloſs relativ und bis jetzt ist noch kein Mittel vorhanden, eine absolute Bestimmung hierüber zu erhalten. Wäre es möglich, durch ein ähnliches Verfahren, als wodurch Newton die Länge der Anwandlungen des Lichts[1] zu messen wuſste, die Weite solcher Risse im Glase aufzufinden, durch welche nach Döbereiner's Beobachtung irgend eine Gasart entweicht, so lieſse sich hieraus vielleicht eine Bestimmung hernehmen, obgleich die Adhäsion an den Wandungen ein bedeutendes Hinderniſs in den Weg legt. Ein anderes Mittel, zu der gesuchten Bestimmung zu gelangen, hat Fraunhofer[2] angedeutet. Nach der atomistischen Theorie kann kein Körper absolut eben polirt seyn, sondern seine Oberfläche muſs Unebenheiten bilden, die der Gröſse der Atome und ihrer Abstände von einander proportional sind und ihren Einfluſs verlieren, sobald sie kleiner als die Länge einer halben Lichtwelle werden, wie bei allen bis jetzt bekannten der Fall ist. Wäre es möglich, den Einfluſs zu bestimmen, welchen gewisse der gröſsten Gewichtstheile, vielleicht auch zusammengesetzte, deren Gröſse also der Summe beider vereinten gleich ist, auf die Interferenzen des Lichts ausüben, so lieſse sich hieraus vielleicht eine Bestimmung ihrer absoluten Gröſse ableiten; doch bleibt dieses allezeit nicht bloſs schwierig, sondern überhaupt problematisch.

27) In den neuesten Zeiten haben die durch Robert Brown beobachteten *Molecular-Bewegungen* groſses Aufsehn

---

1 S. *Anwandlungen*. Bd. I. S. 312.
2 G. LXXIV. 365.

Digitized by Google

erregt, und sie hängen mit unserer Vorstellung von dem Wesen der Materie zu innig zusammen, als daſs sie hier unberücksichtigt bleiben dürften. Jener fleiſsige und gelehrte, mit Recht allgemein hochgeachtete englische Botaniker stellte im Jahre 1827 mikroskopische Beobachtungen über die in dem Pollen der Pflanzen enthaltenen Theile an, entdeckte Bewegungen derselben, welche in einem sehr hohen Grade denen der Infusorien niedrigster Ordnung gleichen, und es war keineswegs unnatürlich, bei diesen Theilchen vegetabilisch belebter Körper an eine Lebensthätigkeit solcher Thiere zu denken, die in gewisser Hinsicht den Uebergang von den Animalien zu den Vegetabilien bilden. Inzwischen zeigten sehr kleine Theilchen unorganischer Körper eine ganz gleiche Bewegung, ja es fand sich, daſs diese schon von verschiedenen frühern Beobachtern vermittelst des Mikroskops wahrgenommen worden waren, wie denn Brown selbst Leewenhoek, Stephan Gray[1], Needham, Büffon, Spallanzani, von Gleichen, Wrisberg, Müller, und aus den neuesten Zeiten James Drummond[2], hauptsächlich aber Bywater[3] als solche nennt. Aus seinen Angaben zogen viele die seltsame Folgerung, daſs die Elemente aller Körper belebt seyen, was vernünftiger Weise nicht angenommen werden konnte, und Brown muſste daher in seinen nachträglichen Bemerkungen[4] die Erklärung geben, daſs er zwar von Bewegung geredet habe, diese aber keineswegs für die Folge einer vorhandenen Lebensthätigkeit halte. Brown nennt die beobachteten beweglichen Theile thätige Molecüle (*Active Molecules*) und zeigt, wie man das Phänomen leicht erhalten kann[5]. Man löset zu diesem Ende am besten etwas Gummigutt, oder auch Zinnober, fein pulverisirten Sand, Glas, Corund, Schwefel u. s. w. in Wasser auf, oder vertheilt die Substanz darin so, daſs das unbewaffnete Auge kaum eine Färbung oder Trübung wahrnimmt, und bringt davon einen Tropfen von höchstens einer Linie Durch-

---

1 Phil. Trans. T. XIX.

2 Transact. of the Roy. Soc. of Edinburgh. T. VII.

3 Account of Microscopical Observations. 2d ed. Liverp. 1828.

4 Additional Remarks on active molecules. Lond. 1829. 7 S. 8.

5 Edinb. New Phil. Journ. Nr. 15. p. 41.

meſser unter ein Mikroskop von mindestens 300facher Vergröſserung des Durchmessers, so zeigen die kleinen, in der Flüssigkeit schwimmenden Theilchen von höchstens ein Zehntel Linie scheinbarem Durchmesser allerdings eine Bewegung, welche der willkürlichen bei den kleinsten Infusorien frappant ähnlich ist, ja es läſst sich nicht in Abrede stellen, daſs man bei der Beobachtung der letztern sich in groſser Verlegenheit befindet und nach mehrfach wiederholten Versuchen noch in Ungewiſsheit bleibt, ob die sich bewegenden Pünctchen solche Molecüle oder wirkliche Thierchen sind. Bloſs längere Uebung kann hierin einige Sicherheit verschaffen. Uebrigens läſst sich die Bewegung leicht erklären; denn indem das Tröpfchen durch Verdunstung, ungleiche Erwärmung in Folge des darauf fallenden concentrirten Lichtes vom Spiegel, durch Luftzug, die umgebende erwärmte Atmosphäre des Beobachters, die dem Instrumente mitgetheilte Bewegung des letztern und die selten fehlende des ganzen Hauses, so wie endlich durch manche andere Ursachen stets in Bewegung gesetzt wird, muſs sich diese den kleinen Partikelchen mittheilen und durch die auſserordentliche Vergröſserung sichtbar werden. Ist nämlich die letztere nur die 300fache und der Tropfen hat eine Linie Durchmesser, so erscheint er als eine ungefähr halbkugelförmige Wassermasse von 2 Fuſs 1 Zoll Durchmesser, in welcher die scheinbar kaum ein Zwanzigstel bis ein Vierzigstel Linie groſsen Pünctchen nothwendig sich zu bewegen scheinen müssen, sobald ihre, durch so viele Ursachen hervorgerufene Bewegung auf gleiche Weise vergröſsert wird. Gegen den Einfluſs der Verdunstung hat man zwar eingewandt, daſs das Phänomen auch dann, wiewohl in geringerem Grade, statt findet, wenn man den Tropfen mit einer Schicht Oel bedeckt; allein hierdurch kann dessen Verdunstung zwar vermindert, aber niemals ganz aufgehoben werden, was mit der Erfahrung recht gut übereinstimmt, abgerechnet daſs diese Ursache der Bewegung keineswegs als die einzige angenommen wird. Daſs jedoch diese mechanisch bewegten Theilchen bloſs sehr kleine Massen und keineswegs eigentliche Molecüle oder Atome sind, läſst sich leicht erweisen. Wenn man nämlich ein Tröpfchen einer gesättigten Auflösung von schwefelsaurem Kupferoxyd (Kupfervitriol), bestehend aus 1 Atom Kupferoxyd = 40 und 1 Atom Schwefel-

Digitized by Google

säure = 40, also zusammen = 80; oder von salpetersaurem Silberoxyd, bestehend aus 1 Atom Silberoxyd = 116 und 1 Atom Salpetersäure = 40, also zusammen = 170, mithin ersteres 80-, letzteres 170mal so groſs als die angenommene Einheit des Wasserstoffatoms, unter das Mikroskop bringt, so entdeckt man oft dem bloſsen Auge verschwindende kleine Krystalle, die Flüssigkeit an sich bietet aber selbst bei tausendfacher Vergröſserung des Durchmessers, also bei tausendmillionfacher des kubischen Inhalts, keine sichtbaren Pünctchen dar, wie dieses übrigens aus den Untersuchungen der Theilbarkeit der Körper von selbst folgt.

28) Ein Unterschied der Materie, wonach sie in organische und unorganische abgetheilt wird, kann bei den Untersuchungen über ihr eigentliches Wesen auf keine Weise übergangen werden. *Organische Materie* erscheint auf den ersten Anblick ein uneigentlicher Name, denn da die Materie auch in ihren einfachsten Elementen berücksichtigt werden muſs, so scheint hierauf der Ausdruck *organisch* nicht anwendbar zu seyn. Organisch (*ὀργανικὸς* von *ὄργανον*, Werkzeug) heiſst nämlich mit Werkzeugen (Organen) versehn, welche in dieser Beziehung zunächst zu den Lebensfunctionen gehören. Die unorganischen Körper entstehn und wachsen nämlich durch Anhäufung vorhandener Elemente oder kleinerer Körper und durch Auflagerung kleinerer Theile auf schon vorhandene gröſsere, wie dieses namentlich bei der Krystallbildung der Fall ist, die organischen und zugleich lebenden Körper dagegen wachsen durch individuelle Thätigkeit vielfacher Werkzeuge (Organe) von innen und haben hierdurch ihren Namen erhalten. Weil aber die organischen Körper mit dem Aufhören der Lebensfunctionen nicht sofort eine wesentliche Aenderung ihrer Bestandtheile erleiden, so nennt man auch solche Körper oder Theile derselben, die einmal belebt waren, organische. Hiernach sind ein Stück Metall, ein Stein, ein Krystall, das Wasser u. s. w. unorganische, dagegen Stärkemehl, Muskelfleisch, Eiweiſs, Harz u. s. w. organische Körper.

Es herrscht ein leicht zu fassender Unterschied zwischen organischen und unorganischen Körpern. Zuerst giebt es überall keine einfachen organischen Körper, vielmehr betrachtet man die unorganischen als einfache oder als binäre oder aus bi-

Digitized by Google

nären Verbindungen zusammengesetzte, die organischen aber aus ternären oder mehrfachen, und zwar so, daſs die Stoffe unmittelbar vereinigt sind, ohne vorher binär verbunden zu seyn. Wenn jedoch einige organische Körper, z. B. ätherische Oele, bloſs aus zwei Stoffen zu bestehn scheinen, so tritt dennoch insofern ein Unterschied hervor, als bei ihnen gröſsere Zahlen der Mischungsgewichte vereinigt sind und nicht ein einzelnes Atom des einen einfachen Stoffes mit einem einzelnen eines andern verbunden ist. Zweitens entstehn die organischen Körper insgesammt unter Einwirkung der eigentlichen Lebenskraft, nicht durch bloſse chemische Verwandtschaft, weswegen sie nicht durch Kunst erzeugt werden können, wenn man gleich durch chemische Mittel höhere Verbindungen auf niedrigere zurückzuführen vermag; die unorganischen Verbindungen dagegen lassen sich insgesammt durch Kunst auf ähnliche oder gleiche Weise darstellen, als die Natur sie liefert. Allerdings sind mehrfach durch rein chemische Processe auch organische Verbindungen zum Vorschein gekommen, allein entweder waren sie in den behandelten Körpern schon vorhanden, oder es läſst sich annehmen, daſs während der durch stärkere Affinität bewirkten Bildung unorganischer Verbindungen die organischen aus einer durch schwächere Affinität erzeugten Vereinigung der rückbleibenden, in der erforderlichen Proportion vorhandenen Elemente hervorgingen. Die organischen Körper aus dem Pflanzenreiche bestehn wesentlich aus Kohlenstoff und Wasserstoff mit einer zur Sättigung beider nicht hinreichenden Menge Sauerstoff, die aus dem Thierreiche enthalten noch auſserdem öfter, und in gröſserer Menge als jene, Stickstoff, wozu als minder wesentlich und zuweilen nur verunreinigend Phosphor, Schwefel, Calcium, Magnium, Eisen u. s. w. kommen. Man unterscheidet hiernach zuweilen die vegetabilischen von den thierischen Stoffen, indem erstere hauptsächlich aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff bestehn, letztere aber einen gröſsern Antheil Stickstoff enthalten. Beide bieten eine groſse Menge Verschiedenheiten dar, welche bloſs auf ungleichen Mischungsverhältnissen beruhn, und steigen von den einfachern, den organischen Säuren mit einer gröſsern Menge Sauerstoff, zu den zusammengesetztern mit einer geringern Quantität von diesem und ungleichen Verhältnissen des Was-

Digitized by Google

serstoffs und Kohlenstoffs durch eine Reihe auf, in welcher Zucker, Gummi, Stärkemehl, Holzfaser, Harze, flüchtige Oele, Fette u. s. w. vorzügliche Glieder bilden. Die Kunst vermag dann durch Anwendung stärkerer Affinitäten und hierdurch bewirkte Trennungen z. B. aus Stärkemehl Zucker, aber nicht umgekehrt, z. B. aus Zucker Stärkemehl, zu erzeugen, d. h. sie kann ein zusammengesetzteres Gebilde in ein einfacheres, aber nicht letzteres in ersteres verwandeln. So wie aber durch den Einfluſs der Lebensthätigkeit höhere Verbindungen aus den niedern hervorgehn, ebenso erfolgen nach dem Tode Zersetzungen herabsteigend bis zu den einfachen Elementen. Aus dem Stärkemehl entsteht durch den Einfluſs der Kälte oder Wärme bei vorhandener Feuchtigkeit Zucker, aus diesem unter Kohlensäure-Bildung Weingeist und durch Aufnahme von Sauerstoff Essig; im Allgemeinen aber gehn mit oder ohne das Durchlaufen dieser Stufen meistens durch Fäulniſs alle organische Körper in binäre Verbindungen über, die sich von den unorganischen nicht unterscheiden. Hauptsächlich verdient bei allen diesen Processen eine groſse in der Natur vorwaltende Wechselwirkung zwischen dem Reiche der Vegetabilien und Animalien eine vorzügliche Berücksichtigung, indem nämlich die erstern die binäre Verbindung der Kohlensäure aufnehmen, den Kohlenstoff sich aneignen und das Sauerstoffgas frei machen, worauf dann die letztern dieses im Processe des Athmens verzehren, mit dem in den Nahrungsmitteln schon früher aufgenommenen Kohlenstoffe verbinden und beide als binäre Verbindung, nämlich Kohlensäure, wieder abgeben[1].

Nach Vorausschickung dieser elementaren Sätze wird es leicht seyn, den eigentlichen schwierigen Punct der Untersuchung deutlicher hervorzuheben. Der Unterschied zwischen organischen und unorganischen Körpern, insbesondere wenn die erstern belebt sind, ergiebt sich bald, ungleich weniger bestimmt ist jedoch derselbe in Beziehung auf die Materie festgestellt. Selten redet man von unorganischer Materie, sondern sagt vielmehr unorganische Stoffe; desto häufiger gebraucht man den Ausdruck organische Materie und versteht

---

1 Die weitläuftige Literatur findet man in L. Gmelin Handbuch der theoret. Chemie. Frankf. 1829. Th. II. S. 1 ff.

Digitized by Google

darunter meistens fein vertheilte organische Substanzen, d. h. solche, die durch den vegetabilischen oder animalischen Lebensproceſs gebildet sind. So heiſst es unter andern, ein geringer Antheil von organischer Materie bewirke in dem Quellwasser, welches die Schiffe in Tonnen mitnehmen, eine Gährung, wodurch dasselbe anfangs getrübt, nachher aber wieder wohlschmeckend werde. Die Eigenschaften dieser organischen oder durch organische Lebenskraft gebildeten Materien sind demnach als Folgen ihrer eigenthümlichen Mischungsverhältnisse zu betrachten, welche durch eine über die rein physischen Gesetze hinausgehende *Lebenskraft*[1] erzeugt werden. Obgleich nun einmal zugestanden ist, daſs wir das eigentliche Wesen dieses so vielfach wirkenden Agens nicht kennen, so muſs doch in Beziehung auf die Materie, als das Substrat aller Naturerscheinungen, nothwendig die Frage aufgeworfen werden, ob es eine eigenthümliche, von der unorganischen verschiedene, elementare organische Materie giebt, oder mit andern Worten, ob die Lebenskraft an diejenigen Elemente, welche irgend einmal Bestandtheile lebender Körper waren, für immer gebunden ist, oder ob sie bei gänzlicher Zersetzung der organischen Körper der Gesammtmasse unorganischer Elemente wieder anheim fallen. Es lassen sich hierüber verschiedene Meinungen aufstellen, welche indeſs sämmtlich nicht über das Gebiet des Hypothetischen hinausgehn, weil uns die Erfahrung als Leiterin verläſst; inzwischen muſs die Naturforschung so weit gehn wie möglich, so lange noch Thatsachen vorhanden sind, die sich zu Schlüssen vereinigen lassen.

a) Man könnte annehmen, daſs zwischen der unorganischen Materie verbreitet und unter sie vermischt die in ihren Elementen (Sauerstoff, Wasserstoff, Kohlenstoff) belebte und der Wiederbelebung fähige organische Materie vorhanden sey. Hienach würden diese einfachen Stoffe bei der gänzlichen Auflösung und Zersetzung organischer Körper in dieselben zwar den unorganischen völlig ähnlich werden, dennoch aber das einmal angenommene Lebensprincip behalten, der Wiederbelebung fähig bleiben und beim Uebergange in lebende Körper als Theile ihrer Ernährung und ihres Wachs-

1 Vergl. *Lebenskraft* oben S. 111.

Digitized by Google

thums neu belebt werden. Es ist bei diesem Satze wohl zu berücksichtigen, daſs nicht sowohl von den sogenannten organischen Körpern, als Stärkemehl, Zucker, Humus, Dünger u. dgl., welche in die Körper der Thiere und Pflanzen übergehend zu deren Wachsthum dienen, die Rede ist, als vielmehr von den einfachen Stoffen und deren binären Verbindungen, dem Sauerstoff und Stickstoff, wie sie die atmosphärische Luft in Gasform darbietet, dem Sauerstoff und Wasserstoff im Wasser, der Kohlensäure u. s. w., deren Ursprung insofern unbekannt ist, als man nicht weiſs, ob sie denselben zunächst vorher aus dem Reiche der organischen oder unorganischen Natur erhielten.

Ob diese Meinung in ihrer ganzen Strenge und Bestimmtheit schon früher Anhänger gefunden hat, ist schwer zu ermitteln, indem es gar sehr auf den genauen Sinn der Worte ankommt; inzwischen scheint sie allerdings in den Ausdrücken zu liegen, welche unter andern Büffon[1], Needham[2] und G. R. Treviranus[3] gebraucht haben, am bestimmtesten ist sie indeſs durch Tiedemann ausgesprochen[4], wenn es heiſst: „die in den organischen Körpern vorkommenden Materien eigenthümlicher Art fallen also bei dem Erlöschen ihrer Thätigkeits-Aeuſserungen, die man Leben nennt, und bei den nach dem Tode eintretenden chemischen Processen eigener Art, der Gährung und Fäulniſs, nicht gänzlich dem unorganischen Reiche anheim, sondern sie behalten die Fähigkeit, sich von neuem zu gestalten und sich lebensfähig zu zeigen. Der Tod oder das Erlöschen der Lebens-Aeuſserungen trifft also nur die organischen Einzelwesen, während die in ihre Zusammensetzung eingehenden organischen Materien Bildungs- und Lebensfähigkeit beibehalten.“ Wäre diese, durch Einfachheit sich empfehlende Hypothese richtig, so lieſse sich eine andere daran knüpfen, nämlich daſs die Belebung der hiernach lebensfähigen Materie bei ihrer Vereinigung mit be-

1 Hist. nat. T. II. p. 420. Il existe une matière organique animée, universellement répandue dans toutes les substances animales ou végétales cet.

2 An account of some new microscopical discoveries. Lond. 1745. 8.

3 Biologie T. II. p. 267 u. 403.

4 Physiologie des Menschen. Darmst. 1830. Th. I. S. 99.

lebten Körpern durch die in letztern bestehende Lebensthätigkeit geschehe, welche durch die verschiedenen Arten der Fortpflanzung auf andere Individuen übergetragen würde und so ohne Ende fortdauern könnte. Es läſst sich jedoch nicht verkennen, daſs die Theorie vieles wider sich hat. Zuerst ist es offenbar eine kühne Voraussetzung, anzunehmen, daſs die einfachen organischen und unorganischen Materien, oder ihre binären Verbindungen, untereinander gemengt so bestehn sollten, daſs beide nicht in einander übergingen, und die einen zur Ernährung belebter Wesen dienten, während die andern stets als todte Masse ausgeschieden würden. Zweitens aber steht dieselbe, wenn auch nicht gewiſs, doch höchst wahrscheinlich, mit der Erfahrung im Widerspruche. Wenn man nämlich Kohlensäure aus der Kreide entwickelt oder Sauerstoffgas aus Magnesiumoxyd, so wird erstere durch lebende Pflanzen so gut zersetzt und letzteres dient zur Erhaltung des animalischen Lebens auf gleiche Weise, als wenn beide organischen Ursprunges wären. Hiergegen lieſse sich allerdings einwenden, daſs man nicht wissen könne, ob nicht vor unbestimmbarer Zeit die aus organischen Körpern gebildeten Gasarten an den unorganischen Kalk und das Magnesium gebunden worden seyen, wie auch noch gegenwärtig namentlich die durch Respiration erzeugte Kohlensäure nicht selten an Kalk übergehe und später als Schutt vielleicht für viele Jahrhunderte unter der Erde verborgen werde; allein diese Hypothese dürfte doch allzugewagt erscheinen, um einer andern zur Stütze zu dienen. Wollte man aber annehmen, die irgend einmal in lebende Körper übergegangenen einfachen Stoffe würden eben hierdurch lebensfähig und behielten dann diesen Zustand für immer, so müſste sich die Menge der belebten einfachen Stoffe täglich mehren, und zuletzt würde aller Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff mit dem Lebensprincipe bleibend versehn werden. Auf der andern Seite aber müſste die vorhandene Menge derselben stets abnehmen, wenn man zugestehn wollte, daſs die aus organischen Körpern durch gänzliche Zersetzung entbundenen und demnächst durch anderweitige chemische Processe zur Bildung unorganischer Körper verwandten, einfachen Stoffe für immer der organischen Materie entzogen würden, weil hiernach die Quantität derselben stets abnehmen müſste, eine Hypothese, welche aus sogleich zu

Digitized by Google

erwähnenden anderweitigen Gründen noch weniger innere Wahrscheinlichkeit hat.

b) Eine zweite Hypothese nimmt an, daſs die organische Materie von der unorganischen in ihren einfachen Elementen oder binären Verbindungen nicht verschieden sey, daſs vielmehr, rücksichtlich dieser, beide Reiche, das der organischen und das der unorganischen Körper, keinen wesentlichen Unterschied darbieten, sondern daſs ihre Bestandtheile abwechselnd in einander übergehn und in den unorganischen Gebilden in Folge überwiegender Anziehungs-Aeuſserungen durch Aufhäufung zu mehr oder minder regelmäſsig gestalteten Körpern vereinigt werden, in den organischen dagegen durch schwächere chemische Verwandtschaft, aber unter Mitwirkung einer eigenthümlichen Kraft, der Lebenskraft, zur Bildung lebender Wesen dienen. Die Natur zeigt überall keine *scharfen* Grenzen, sie finden zwischen den drei Reichen der Natur nicht statt[1], einige organische Verbindungen sind unorganischen mindestens so ähnlich, daſs sie nicht wohl unterschieden werden können, z. B. die durch geistige Gährung und die durch Verbrennung der Kohle entstandene Kohlensäure und noch mehr der durch die Natur und der durch Kunst hergestellte Harnstoff[2], und die einfachen Stoffe und vielleicht auch die binären Verbindungen würden dann überhaupt nicht verschieden seyn.

Dürfen wir nach überwiegenden Gründen diese Hypothese als die bei weitem wahrscheinlichste betrachten, so bietet sich eine neue, noch schwierigere Frage dar, nämlich wodurch die hiernach an sich unbelebte Materie belebt wird. Es wäre leicht, hierauf zu antworten, daſs dieses eine Folge des Ueberganges in lebende Wesen sey, die sich auf die bekannte Weise nach ihren Gattungen fortpflanzen, wobei zugleich angenommen wird, daſs kein zum Reiche der Vegetabilien und Animalien gehöriges Wesen von selbst und ohne eine der verschiedenen Fortpflanzungsarten entstehn könne. Hierdurch

---

1 Bonnet Considérations philosophiques de la gradation naturelle des formes de l'être. Amst. 1768. 8. Bonnet Considérations sur les corps organisés. Amst. 1762. II vol. 8.

2 Wöhler in Poggendorff's Ann. III. 177. Vergl. Gmelin Handbuch d. theor. Chemie II. 6.

Digitized by Google

wäre dann zwar nicht das Wesen, aber mindestens doch die Ursache der stets fortdauernden Belebungen angegeben. Es fragt sich dann aber weiter, wie ursprünglich das Leben entstanden seyn möge; aber diese Untersuchung verliert sich so tief in das dunkle Gebiet des Hypothetischen und erhält so unbedeutend weniges Licht durch die Erfahrung, daſs es sich kaum der Mühe lohnt, sie weiter zu verfolgen. Man könnte annehmen, die lebenden Vegetabilien und Animalien seyen von Anfang an auf unserm Planeten anwesend gewesen. Hiermit wäre dann ihr Ursprung zwar nicht erklärt, inzwischen müſsten wir hierbei berücksichtigen, daſs wir uns hinsichtlich unserer Erde und der ganzen Natur in gleicher Unwissenheit befinden. Es streitet jedoch hiergegen die Erfahrung, daſs in den ältesten Theilen unserer Erde sich gar keine Ueberreste, weder der Pflanzen-, noch der Thierwelt befinden. Verfolgen wir diesen einzigen vorhandenen Fingerzeig weiter, so geht aus den geologischen Untersuchungen hervor, daſs nur die normalen oder die geschichteten Felsarten thierische oder vegetabilische Versteinerungen einschlieſsen, die abnormen oder massigen dagegen enthalten keine Petrefacten; jene sind neptunischen, diese vulcanischen Ursprungs. Die ältesten fossilen Reste organischer Körper, Zoophyten, Schalthiere, Abdrücke von Palmen und von baumartigen Fahren, finden sich in der Gruppe des *Uebergangskalkes*, der *Grauwacke* und des *Thonschiefers*. Sie bestehn theils nicht mehr in der Reihe jetzt lebender Wesen, oder zeigen sich sehr verschieden davon, theils findet man aber, wenn nicht Uebereinstimmung, doch wenigstens Annäherung zu manchen noch vorhandenen Formen. Mit abnehmendem Alter der Felsmassen wächst die Menge der Petrefacten. So begegnen wir in der *Steinkohlengruppe* neben sparsam verbreiteten fossilen Thierresten zahllosen Ueberbleibseln vegetabilischer Substanzen, oft durch riesenhaften Wuchs ausgezeichnet, welche eine bereits entwickelte Landvegetation darthun und nach Arten und Gattungen den Pflanzen zwischen den Wendekreisen näher stehn, als denen unserer Zone, z. B. Calamitten, Sigillarien, Lepidodendren u. s. w. Die nämlichen Gattungen sind in den entlegensten Gegenden, wo jetzt ganz andere Pflanzen vorkommen, vorhanden, die Arten dagegen zeigen sich öfter verschieden, so daſs sie rücksichtlich ihrer klimatisch geographischen Verbreitung den nämlichen

Digitized by Google

Gesetzen folgten, die bei den Gewächsen unserer Zeit wahrgenommen werden. In der Gruppe des *Zechsteins* und *Todtliegenden* sind die Versteinerungen, obwohl weder sehr zahlreich, noch sehr mannigfach, dennoch von entscheidender Bedeutung. Im *rothen* Todtliegenden finden sich in Hornstein und Quarz umgewandelte Baumstämme u. s. w., im *grauen* Todtliegenden Pflanzenreste, welche denen des Steinkohlengebildes ähnlich sind, im Kupferschiefer Reste von Reptilien und hauptsächlich von Fischen, sparsame Reste von Mollusken und von Pflanzen, im Zechstein nur Mollusken, und die im Gyps dieser Gruppe vorhandenen *Spalten* umschlieſsen Reste von Mammut, Rhinoceros, Pferd u. s. w., während das Gestein selbst frei von Petrefacten ist. In der Gruppe des *Muschelkalkes* und des *bunten Sandsteins* finden sich Ueberreste von Pflanzen mit Ausnahme der Dikotyledonen, im Sandstein Mollusken, ähnlich denen im darauf gelagerten Muschelkalk, und in letzterer Felsart neben jenen Ueberresten noch Ueberbleibsel von Sauriern, Fischen und Pflanzenthieren. In der Gruppe des *Lias* und *Keupers* nehmen die Ueberbleibsel kaltblütiger Wirbelthiere sehr überhand, die Sauriergebeine sind verschieden von denen, welche den in gröſsern Höhen auftretenden Jurakalk-Ablagerungen angehören. Neben diesen Petrefacten enthalten Lias und Keuper manche Mollusken, besondere Auszeichnung aber verleihen ihnen die vorhandenen vegetabilischen Ueberbleibsel, welche von allen bisher erwähnten wesentlich abweichen. In der Gruppe der *Jura-* und *Oolithen-Kalkgebilde* werden zahlreiche und sehr charakteristische Versteinerungen getroffen, gegen die Tiefe im erstern hauptsächlich Mollusken, Zoophyten und Pflanzen, der Oolithen- und obere Jurakalk dagegen enthalten mitunter sehr zahlreiche Ueberbleibsel von Reptilien, Gerippe vom Gavial, Krokodil u. s. w., ferner fossile Mollusken und Zoophyten. Im lithographischen Steine herrscht die gröſste Mannigfaltigkeit von fossilen Resten von Säugethieren, Vögeln, Reptilien, Fischen, Mollusken, Crustaceen, Insecten, Anelithen, Radiarien, Zoophyten, Pflanzen u. s. w. Die Gruppe der *Kreide* und des *grünen Sandsteins* erhält viele Bezeichnung durch die vorhandenen Petrefacten, Ueberbleibsel von Reptilien, Fischen, Conchylien, Pflanzenthieren und fossilen Vegetabilien, die von Land- und Meeresgewächsen abstammen. Die Gruppe des *Süſs-*

wassergypses, des *Grobkalkes* und des *plastischen Thons*, meiſtens in Becken gelagert, führt in ihren verschiedenen Gliedern theils Muscheln und andere Reste pelagischer Thiere, theils Ueberbleibsel von Muscheln und Fischen, welche früher Bewohner des Landes und der Flüsse waren, desgleichen Gebeine von Säugethieren und Reptilien, die auf dem Festlande oder am Ufer groſser Seen lebten. Der Reichthum an Geschlechtern, Arten und Individuen ist in dieser Gruppe gröſser als in irgend einer andern, von den Arten wurden bisher sehr wenige noch jetzt lebend gefunden. In der Gruppe *diluvianischer Gebilde* findet man organische Ueberbleibsel in groſser Menge, welche den Geschlechtern nach nur selten ausgestorben, den Arten nach etwa zur Hälfte als noch jetzt lebend, zur Hälfte als ausgestorben zu betrachten sind, Gebeine von Mastodon, Hippopotamus, Tapir, Elephant, Rhinoceros, Pferd, Hirsch, Ochse, Tiger, Bär, Hyäne u. s. w., ferner Ueberbleibsel von Cetaceen. Das Fluthland beherbergt auſserdem vegetabilische Reste, namentlich Baumstämme, aber Erzeugnisse menschlischen Kunstfleiſses kommen nicht darin vor. In der Gruppe *postdiluvianischer Gebilde* endlich erscheinen die organischen Reste häufig, allein nur im geringen Grade umgewandelt. Thiere und Pflanzen, von denen sie abstammen, werden noch lebend gefunden, und meistens in den nämlichen Gegenden, die ihre Ueberreste bergen, oder es läſst sich mit wenigen Ausnahmen der Beweis führen, daſs sie einst daselbst gelebt haben. Als besonders merkwürdig gilt der jüngste Meereskalk, der namentlich auf Guadaloupe neben Ueberbleibseln noch lebend vorhandener Corallen und Meeres-Schalthieren menschliche Gebeine, selbst ganze Gerippe umschlieſst. Die postdiluvianischen Ablagerungen enthalten verschiedenartige Erzeugnisse menschlichen Kunstfleiſses, und namentlich sind dieselben im Torf vorhanden[1]. Hiernach dürfen wir es also als erwiesen betrachten, daſs während einer unbestimmbar langen Zeit und gleichmäſsig mit der allmälig fortschreitenden Ausbildung unsers Erdballs bis zu seinem jezzigen anscheinend stationären Zustande zuerst die am rohesten organisirten Pflanzen, dann die feinern, mit letztern gleich-

---

1 S. Grundzüge d. Geologie u. Geognosie u. s. w.; von K. C. v. Leonhard. 2te Aufl. Heidelb. 1831.

Digitized by Google

zeitig die rohern Thierclassen und endlich die auf einer höhern Stufe der Organisation stehenden auf der Erdkruste ihren Ursprung nahmen.

Da aus den frühern Untersuchungen hervorgeht, daſs zwischen organischer und unorganischer einfacher Materie kein wesentlicher Unterschied anzunehmen ist, aus den zuletzt angestellten aber folgt, daſs organische Wesen erst später auf der Erde vorhanden waren, so fragt sich, auf welche Weise die ursprünglich allein existirende unorganische zur organischen umgestaltet und zu lebenden Wesen vereinigt wurde. Mit Sicherheit läſst sich auch dieses nicht beantworten, weil wir nicht wissen, was für Kräfte in jener vorgeschichtlichen Zeit vielleicht thätig waren; indeſs ist im hohen Grade wahrscheinlich, daſs mit Ausnahme von etwa einer, der Belebung im Allgemeinen günstigen, höhern Temperatur der *Erdkruste* keine andern wirksamen Potenzen anzunehmen sind, als die noch gegenwärtig das fortdauernde Leben in beiden Naturreichen erhalten. Wollte man hiergegen das Argument anführen, warum nicht noch gegenwärtig aus unorganischen Elementen belebte Wesen entstehn, so läſst sich dieses dadurch umgehn, daſs zwar hierfür keine überzeugenden Erfahrungen vorhanden sind[1], damit aber die Unmöglichkeit noch keineswegs erwiesen ist. Inzwischen geht aus Versuchen, welche ich selbst angestellt habe, zur Evidenz hervor, daſs *sogar* zusammengesetzte organische Materien ohne freien Zutritt der atmosphärischen Luft weder Priestley'sche Materie noch Infusorien erzeugen. Ich habe nämlich Erbsen, Gerstenkörner, aufgelösten Schreinerleim, gekochte und diluirte Stärke in verschlossenen Gläsern mit destillirtem Wasser entweder mit etwas atmosphärischer Luft oder in ganz erfüllten (wobei im

1 Fray in Essay sur l'origine des substances organisées et inorganisées. Par. 1807. und Essay sur l'origine des corps organisés cet. Par. 1817. will zwar die Entstehung der Infusorien in reinem Wasser und Gruithuisen in Aufgüssen von Granit, Marmor und Kreide beobachtet haben, s. Gehlen Journ. Th. VIII. S. 150., allein dieses streitet gegen die höchst zahlreichen Beobachtungen vieler anderer Physiker. Vergl. Tiedemann Physiol. S. 95. Wenn aber auch durch alle bisher bekannte Versuche aus bloſser unorganischer Materie erweislich nie ein belebtes Wesen erzeugt worden ist, so beweist dieses doch bekanntlich noch nicht die Unmöglichkeit.

Digitized by Google

letztern Falle durch ein gekrümmtes und in ein anderes Gefäſs mit Wasser geleitetes Rohr für die Wirkung der ungleichen Ausdehnung durch Wärme gesorgt war) Monate und Jahre hindurch den verschiedensten Einflüssen der Wärme und des Lichts ausgesetzt, allein die Früchte quollen bloſs anfangs etwas und blieben dann unverändert, der Leim und die Stärke aber vereinigten sich allmälig zu einer in der Mitte des Wassers schwimmenden, etwas dichtern Masse, aber alles ohne eine Spur von Vegetation oder thierischem Leben. Am auffallendsten aber war das Verhalten eines Glases mit eingeschmirgeltem Stöpsel, worin sich bis zur Hälfte gefüllt etwas in destillirtem Wasser gekochtes und in vielem kalten nachher diluirtes Stärkemehl befand; die Hälfte des Glases füllte atmosphärische Luft. Dieses Glas wurde auf gleiche Weise, als die eben genannten Präparate, behandelt und endlich nach etwa 18 Monaten in einen bloſs mit Drahtgitter verschlossenen Schrank eines im Winter geheizten Zimmers gesetzt, bis etwas über zehn Jahre nach dem Anfange des Versuches der Inhalt zur nähern Untersuchung kam. Das Wasser war schwach trübe, ohne irgend ein Häutchen an seiner Oberfläche, die Stärke aber hatte sich in der Mitte des Wassers zu einer Art von schleimiger Masse vereinigt, welche farb- und geruchlos in der Mitte am dichtesten war und von da aus sich in regellosen stumpfen Spitzen ausbreitete. Die ziemlich zähe dichtere Masse war für groſse Vergröſserungen zu dick, die Enden der Spitzen aber glichen frappant Bündeln sehr fein gehechelten Flachses, so daſs hiernach die Wirkung anziehender Kräfte unverkennbar war; aus allen Versuchen aber muſs ich die Folgerung ableiten, daſs ohne freien Zutritt der atmosphärischen Luft selbst organische Substanzen auch unter sonst günstigen Bedingungen kein vegetabilisches oder animalisches Leben zu erzeugen vermögen.

29) Das Wechselverhältniſs zwischen den Vegetabilien und Animalien, vermöge dessen die ersteren Kohlenstoff aufnehmen und Sauerstoffgas frei machen, während die letztern aus beiden die Kohlensäure wieder erzeugen, ist oben bereits erwähnt worden. Rücksichtlich des Verhaltens der Materie in beiden ergeben viele mit einem groſsen Mikroskop von Plössl im Sommer 1830 absichtlich zur Aufklärung dieser Aufgabe von mir angestellte Beobachtungen der Hauptsache nach Fol-

gendes. Frische Pflanzentheile, insbesondere Blumen, wie namentlich Nelken, geben im Wasser unter dem Zutritte der freien Luft und Mitwirkung von Wärme in wenigen Tagen eine erstaunliche Menge von Infusorien, welche durch die Schnelligkeit ihrer Bewegungen eine starke Lebensthätigkeit zeigen, bald sterben und durch Aufhäufung ihrer Leichname eine moderartige Masse bilden, aus welcher neue Vegetabilien in Gestalt von Schimmel und Priestley'scher Materie zum Vorschein kommen. In den Blumen und vegetirenden Pflanzen scheint also das Lebensprincip sehr gesteigert zu seyn. Kornmehl in Wasser geschüttet läſst unter gleichen Bedingungen zwar gleichfalls Infusorien entstehn, aber später, kleinere, minder regsame, in geringerer Menge, und zugleich bilden sich die oben bereits erwähnten kleinen cylinderförmigen Körper, die sich zu vegetabilischen Gebilden zu vereinigen scheinen, keine Spur von Bewegung zeigen und überhaupt regelmäſsiger, gleichförmiger und glatter sind, als die Infusorien von gleicher Gröſse. Infusionen von Brot und Backwerk geben verhältniſsmäſsig wenige und kleinere Infusorien, Chylus von einem Hunde stand lange unter günstigen Bedingungen in einem leicht bedeckten Glase, erzeugte aber entweder keine oder nur mit 500facher Vergröſserung des Durchmessers unvollständig erkennbare, wenig bewegliche Infusorien, Aufgüsse von rohem und gekochtem Fleische endlich gingen ohne alle Erzeugung lebender Wesen in Fäulniſs über. Aus diesen hauptsächlichsten Resultaten einer langen Reihe von Versuchen muſs ich also folgern, daſs die in den Pflanzen vorhandene organische Materie der Belebung am meisten fähig ist und nach dem baldigen Uebergange aus dem Pflanzenreiche in das Thierreich zwar einen hohen Grad der Lebensthätigkeit zeigt, von dieser höchsten Stufe aber durch gänzliche Zersetzung in einfache Stoffe oder binäre Verbindungen der Gesammtmasse vorhandener Materien wieder anheim fällt. Die für die Wissenschaft so höchst wichtigen Fragen, warum aus organischen Stoffen unter den günstigsten Bedingungen in verschlossenen Gefäſsen keine belebten Wesen erzeugt werden, ob sonach die Samen hierzu in der Luft vertheilt sind, weil ihr freier Zutritt unumgänglich nothwendige Bedingung der Belebung ist, ob die gesammten, noch jetzt wirksamen, physischen Kräfte im Anfange die rohern, allmälig zu feinern übergehenden,

Digitized by Google

organischen belebten Wesen zu erzeugen vermochten, oder ob und in welchem Umfange die einzelnen Gattungen und Arten einer besondern Schöpfung bedurften, werden vielleicht für immer im Dunkeln bleiben[1].

30) Im genauesten Zusammenhange mit diesen Betrachtungen stehn die wiederholt aufgestellten Behauptungen von dem Uebergange einfacher Stoffe in andere. Als in frühern Zeiten der Unterschied zwischen einfachen Stoffen und zusammengesetzten Materien noch nicht so scharf bestimmt war und man es mit diesen Ausdrücken überall nicht genau nahm, als insbesondere die Theorie von den vier Elementen oder sogenannten Elementarstoffen, die in einander übergehn sollten, in Ansehn stand, konnte diese Frage überhaupt nicht aufgeworfen werden. Zum Theil schon damals und auch späterhin verleitete die Sucht, unedle Metalle in Gold zu verwandeln, zu einer Menge kostbarer Versuche, deren viele für die Chemie von groſsem Nutzen gewesen sind, mehrere Gelehrte vertheidigten die Möglichkeit, welche durch einige Erfahrungen auch allerdings historisch wohl hinlänglich begründet worden ist, einige thaten die Sache durch trügliche Versuche dar[2], die gegenwärtig jedoch durch genauere Kenntniſs derselben ihre Beweiskraft verloren haben. Inzwischen kam man schon früher zu der Ueberzeugung, daſs durch Anwendung rein chemischer Mittel eine solche Umwandlung unmöglich sey[3], länger aber fand die Hypothese Vertheidiger, daſs unter Mitwirkung der organischen Thätigkeit und der Lebenskraft Bestandtheile der Pflanzen und Thiere aus dem Wasser oder durch Umwandlung einfacher Materien in andere erzeugt würden. Namentlich sollte der Schwefel, der Phosphor, die Kalkerde in den Animalien, der Kohlenstoff, der Kalk und die Kieselerde in den Vegetabilien auf diese Weise ihren Ursprung erhalten, weil jene Substanzen in den Nahrungsmitteln überall nicht oder in zu geringer Menge vorhanden seyen,

1 Eine Menge interessanter Thatsachen findet man in den lehrreichen Berichten über die Erzeugung und physische Beschaffenheit der Infusorien von Ehrenberg, namentlich in G. C. 1 ff.

2 Der bekannte Beireis in Helmstädt zeigte in seinen Vorlesungen, wie man aus Blei Gold machen könne.

3 Vergl. Lavoisier in Mém. de l'Acad. 1770, 1773 u. 1790.

Pflanzen aber in reiner Kieselerde mit Waſser oder in letzterem allein aus ihren Samen erzeugt und unterhalten werden könnten[1].

Noch neuerdings hat v. Crell durch eine Reihe von Versuchen mit Zwiebelgewächsen darzuthun sich bemüht, daſs die Menge des in den Pflanzen vorhandenen Kohlenstoffes durch den Vegetationsproceſs ohne irgend eine vorhandene Substanz, auſser reinem Waſser, in gänzlich verschloſsenen Gefäſsen vermehrt werde, allein es ist unter andern auch durch meine eigenen Versuche[2] erwiesen, daſs Pflanzen unter solchen Bedingungen nicht gedeihen, und man muſs daher schlieſsen, daſs die von ihm erhaltenen Resultate nicht fehlerfrei sind[3]. Obgleich es also Versuche in Menge giebt, aus denen das Resultat hervorzugehn scheint, daſs durch Einwirkung der vegetabilischen und animalischen Lebensthätigkeit *einfache* Stoffe in andere verwandelt werden können, ohne eine in Beziehung auf die Naturkräfte mit sich selbst im Widerspruche stehende Schöpfung aus dem Nichts anzunehmen, so finden diese Erfahrungen doch in andern mit gröſster Sorgfalt angestellten Untersuchungen keine Bestätigung, indem vielmehr die feinsten Analysen darthun, daſs die vermeintlich er-

---

1 Vauquelin in Scherer's Journ. d. Chem. III. p. 119. J. Ch. K. Schrader und J. S. B. Neumann zwei Preisschriften über d. *eigentliche* Beschaffenheit und Erzeugung d. erdigen Bestandtheile *in* den verschied. inländ. Getreidearten. Berl. 1800. 8. Carosi über d. Erzeugung d. Kiesels u. d. Quarzes. Leipz. 1783. C. A. Gerhard über die Umwandlung und den Uebergang einer Erd- und Steinart in die andere. Berl. 1788. Lampadius neue Erfahrungen im Gebiete d. Chemie und Hüttenkunde. II. S. 100. Desgl. Sammlung chemischer Abhandlungen Bd. III. S. 188. Vergl. J. John in Harlemer Denkschriften Bd. VIII. u. a. Gegen die Möglichkeit einer solchen Umwandlung erklärte sich schon früher Wiedemann über die Umwandlung einer Erd- und Steinart in die andere. Berl. 1792. 8. Interessante Erscheinungen nicht sowohl der Erzeugung als vielmehr der Ausscheidung der Kieselerde aus der Kreide zur Bildung der Feuersteine in der jüngsten Zeit erzählt Hacquet in Oryctographia Carniolica T. II. p. 118 u. 163. Daraus in Gehlen's Journ. 1805. Bd. I. S. 43.

2 G. XXXIII. 423. XXXIV. 296.

3 Comm. Soc. Reg. Gott. rec. T. I. Ich bin aus guter Quelle unterrichtet, daſs der Gartenaufseher die hingestellten Zwiebelgewächse durch Oeffnen der Gläser dem freien Zutritte der Luft aussetzte, weil sie sonst nicht wachsen wollten. Daher der Irrthum.

Digitized by Google

zeugten Substanzen in den Nahrungsmitteln der Pflanzen und Thiere, namentlich auch in der Luft, zwar in geringer, aber doch in genügender Menge vorhanden sind, um die wahrgenommenen Erscheinungen daraus zu erklären. Sobald aber irgend ein einfacher Stoff da zum Vorschein kommt, wo er nicht unter den gegebenen schon vorhanden war, so würde dieses zu dem Schlusse berechtigen, daſs er als eine Verbindung aus bereits vorhandenen Elementen oder als ein Theil eines der vorhandenen, mit Unrecht als einfach betrachteten Körper zu halten sey, eine Verwandlung einfacher Stoffe in andere schlieſst aber einen innern Widerspruch in sich und ist daher aus dem Gebiete der Naturlehre gänzlich zu verbannen. Wenn daher Männer von bedeutendem Rufe ein Entstehen sogenannter einfacher Stoffe durch die Wirkung des vegetabilischen und animalischen Lebensprocesses beobachtet zu haben glaubten, so setzten sie dabei voraus, daſs entweder diese oder andere der vorhandenen nicht einfach seyn könnten; denn wären z. B. die Metalle, und namentlich das Gold, nicht einfach, so wäre auch eine Erzeugung derselben durch Zusammensetzung oder Trennung nicht unmöglich[1].

31) Die Elemente der Materie, die Atome, sind zu Körpern vereinigt oder es sind gewisse Mengen derselben in bestimmte Grenzen eingeschlossen. Bei diesen kann zuvörderst die Form derselben hier ganz übergangen werden, weil diese in das Gebiet der Mathematik gehört; ferner kann hier von der verschiedenen Qualität der verbundenen einfachen oder zusammengesetzten Stoffe gleichfalls die Rede nicht seyn, indem diese Untersuchung vielmehr in das Gebiet der Chemie zu verweisen ist, und es kommt daher hier nur die Art und die Ursache des Zusammenhanges dieser zu Körpern vereinten Materie in Betrachtung, worauf dann die verschiedenen sogenannten *relativen Eigenschaften* der Materie oder eigentlicher der Körper beruhn. In dieser Beziehung wird hauptsächlich

1 Die strengen Anhänger der dynamischen Theorie müssen eine Verwandlung der verschiedenen Stoffe annehmen, sofern diese insgesammt ursprünglich aus zwei Kräften bestehn. Leslie Ann. of Phil. XIV. p. 10. dreht den Satz um und folgert aus der Verwandlung der einen Materie in eine andere die Richtigkeit der Theorie von Boscovich.

Digitized by Google

ihr Aggregatzuſtand unterſchieden, indem ſie entweder feſt oder tropfbar flüſſig oder gasförmig ſind, worüber bereits in eigenen Artikeln gehandelt worden iſt[1]. Auf gleiche Weiſe unterſcheidet man ihre *Dichtigkeit*, *Elaſticität*, *Härte*, *Poroſität* und *Sprödigkeit*, welche gleichfalls einzeln zur Unterſuchung kommen. Wenn wir aber die Materie im Allgemeinen, und inſofern die verſchiedenartigen Körper aus ihr gebildet werden, in nähere Betrachtung ziehn, ſo gelangen wir bald zu der Ueberzeugung, daſs der Grund zur Bildung dieſer Körper überhaupt und zur Erzeugung dieſer verſchiedenen Eigenſchaften derſelben nicht in der Materie an ſich liegen kann, ſofern dieſe bloſs das Raumerfüllende iſt und daher die beiden einzigen nothwendigen Eigenſchaften, Ausdehnung und Undurchdringlichkeit, haben muſs, ſondern daſs nothwendig gewiſſe Kräfte vorhanden ſeyn müſſen, welche dieſe Vereinigung der Materie zu Körpern und die verſchiedenen Eigenſchaften und Veränderungen der letztern bedingen.

Wenn wir von der eben unterſuchten Lebenskraft abſtrahiren, welche nicht einmal ganz in das Gebiet der Phyſik gehört, und zugleich zugeſtehn, daſs das Erkennen der Materie und ihrer Eigenſchaften nicht *a priori* möglich, ſondern durch Anſchauung gegeben iſt, ſo müſſen wir die Frage zu beantworten ſuchen, welche *Kräfte* wir nach richtiger Erfahrung zur Erklärung der verſchiedenen Erſcheinungen *in* der Natur der Materie beizulegen haben. In dieſer Beziehung iſt aber unſere Kenntniſs ſehr mangelhaft. Als ausgemacht läſst ſich zuerſt annehmen, daſs eine allgemeine Kraft der *Anziehung* exiſtirt, welche wir bei allem Materiellen wahrnehmen[2], ohne daſs wir jedoch darüber zu entſcheiden vermögen, ob dieſe Kraft der Materie ihrem Weſen nach nothwendig eigen iſt, oder ob ſie als ein Hinzugekommenes zu betrachten ſeyn mag. Dieſe Frage, ebenſo wie die durch eine Menge von Erſcheinungen gleichfalls herbeigeführte andere, nämlich ob es eine ihr entgegengeſetzte ebenſo weſentliche *Abſtoſsungskraft* gebe[3], um zu verhindern, daſs nicht alle Materie in den

---

1 Vergl. *Feſtigkeit*, *Flüſsigkeit* und *Gasform*.

2 Vergl. *Anziehung*.

3 Vergl. *Abſtoſsung*.

Digitized by Google

kleinsten Raum zur gröſsten Dichtigkeit vereinigt werde, ist jedoch bereits untersucht worden, und es würde daher überflüssig seyn, die Untersuchung über den Conflict dieser beiden Kräfte nach der Ansicht der sogenannten Dynamiker, desgleichen die Hypothese SEEBER's von entgegengesetzten Kräften, welche die Theile der Körper in den Zustand eines stabilen Gleichgewichts versetzen[1], hier nochmals zu wiederholen. Es ist auſserdem mehrmals diejenige Hypothese erwähnt worden, welche hauptsächlich LA PLACE zur Erklärung des verschiedenen Aggregatzustandes der Körper in Aufnahme gebracht hat[2], nämlich daſs die Wärme als das eigentliche repulsive Princip zu betrachten sey, woraus man insbesondere die den Gasarten eigenthümliche Expansion abzuleiten pflegt. Es muſs hier indeſs, wenn auch nur nachträglich, noch bemerkt werden, daſs nach einer sehr allgemein verbreiteten Ansicht der Physiker nicht bloſs die Gasform eine Folge der Repulsivkraft oder einer repulsiven Wirkung der Wärme ist, sondern daſs auch bei den festen und tropfbar flüssigen Körpern eine Atmosphäre von Wärme die constituirenden Atome umgiebt und mit Ueberwindung der Anziehungskraft ihre unmittelbare Berührung hindert, wobei zugleich die Richtung der Anziehung in Beziehung auf die Lage der Axen die Form der Körper, namentlich der Krystalle, bedingt. Hieraus wird dann die Ausdehnung aller Körper durch Wärme erklärlich, weswegen schon FONTANA[3] die Wärme das zweite wirkende Princip in der Natur nannte. Anwendungen dieser Theorie auf eine Menge von Naturerscheinungen sind bereits erwähnt worden; dahin gehört dann auch dasjenige, was POISSON hinsichtlich des Gleichgewichts und der Bewegungen elastischer Körper und der Flüssigkeiten aus derselben folgert, indem er dabei voraussetzt, daſs alle Körper aus verschwindend kleinen Molecülen mit Wärme umgeben bestehn[4]. Auch AVOGRADO[5] hält nicht bloſs die Wärme für das repulsive Princip, welches die un-

1 Vergl. *Flüssigkeit*.

2 Vergl. hauptsächlich *Gas, Wesen der Gasform*, u. *Flüssigkeit*. Bd. IV. S. 492.

3 Opuscules physiques et chimiques. Par. 1785. i. A.

4 Journ. de l'École polytechnique. T. XX.

5 Memorie della Reale Accademia delle Scienze di Torino. 1824. T. XXX. u. XXXI.

mittelbare Berührung der Masse der Körper bildenden Molecüle hindert, sondern er hat sich auch bemüht, auf diese Voraussetzung allgemeine Gesetze über die Atomgewichte, die Dichtigkeiten und Ausdehnungen der verschiedenen Körper zu gründen, deren nähere Prüfung ich jedoch hier übergehe, weil sie noch zu sehr hypothetisch sind und daher schwerlich geeignet seyn werden, über das eigentliche Wesen der Materie sichere Auskunft zu geben.

Ganz neuerdings ist Ampère[1] im Geiste dieser Laplace'schen Hypothese noch einen bedeutenden Schritt weiter gegangen, um das eigentliche Wesen der Materie zu erklären. Nach ihm bestehn alle Körper zunächst aus *Theilchen* (*particules*) von gleichem Aggregatzustande, als die aus ihnen gebildeten Körper. Diese Theilchen sind zusammengesetzt aus *Molecülen*, die sich nur bis zu einer gewissen bestimmten Entfernung einander nähern, indem ihr Abstand von einander bedingt wird erstlich durch das, was von den attractiven und repulsiven Kräften der Atome bis zu ihnen sich erstreckt, zweitens durch die Repulsion, welche aus der Wellenbewegung eines zwischen ihnen eingeschlossenen Aethers entspringt, und drittens durch die Anziehung, welche der Masse direct und dem Quadrate des Abstandes umgekehrt proportional ist. Sie sind eine Vereinigung von *Atomen*, die durch den Conflict der ihnen eigenthümlich zukommenden attractiven und repulsiven Kräfte zusammengehalten werden. Letztere sind jenen obern so sehr überlegen, daſs diese als verhältniſsmäſsig fast unmerklich erscheinen, die Atome selbst aber sind materielle, mit jenen Kräften begabte Puncte. Die Molecüle sind allezeit hart, welchem Körper sie auch angehören, von polyedrischer Gestalt, die von den Krystallographen primitive Form genannt wird. Geht ein Körper aus dem Zustande der Festigkeit in den der Flüssigkeit über, so ändert sich der Zustand des Gleichgewichts der auf die Molecülen wirkenden attractiven und repulsiven Kräfte, wird aber ein flüssiger Körper fest, so vereinigen sich mehrere einfache Molecüle zu gröſseren zusammengesetzten. Durch mechanische Gewalt können bloſs die Theilchen getrennt werden, die Kraft, welche aus den Schwingungen der Atome entsteht, kann die zusam-

1 Ann. Ch. Ph. T. LVIII. p. 432. Vergl. Bibl. univ. T. XLIX. p. 225.

Digitized by Google

ıengesetzten Molecüle in einfachere zerlegen, wie sie in
opfbaren und gasförmigen Flüssigkeiten vorhanden sind, und
loſs chemische Kräfte können diese letztern noch weiter tren-
en. Wenn z. B. bei der Verpuffung von zwei Volumen Was-
erstoffgas und einem Volumen Sauerstoffgas zwei Volumen
Vasserdampf (unter gleichem Drucke und bei gleicher Tem-
eratur) entstehn, so wird jedes Molecül Sauerstoff in zwei
Theile getheilt und die Atome jeder dieser Hälften mit einem
Molecül Wasserstoff verbunden, um ein Molecül Wasser zu
ilden. Dieses Verhalten folgt aus einem von Ampère gleich-
alls aufgestellten Principe, daſs in gleichen Volumens irgend
einer Gasart oder eines Dampfes bei gleichem Drucke und
gleicher Temperatur eine gleiche Zahl Molecüle enthalten sind.
Die Atome müssen untheilbar seyn, denn obgleich der Raum
unendlich theilbar ist, so würde doch bei den Atomen jede
fernere Theilung in die Zwischenräume zwischen ihnen fallen.

Was Ampère noch weiter hinzusetzt über die Vibratio-
nen der Atome und Molecüle, bezieht sich zunächst auf die
Erklärung der Phänomene des Lichts und der Wärme, die
von den Vibrationen der Atome herrühren, wie der Schall
durch die der Molècüle erzeugt wird; zu bemerken ist hier-
bei jedoch, daſs die Atome in steten Vibrationen seyn sollen,
ohne sich jedoch von den Molecülen zu entfernen, denen sie
angehören. Hierbei wird aber die Existenz eines stabilen
Gleichgewichts zwischen den attractiven und repulsiven Kräf-
ten vorausgesetzt, und es muſs zugleich die repulsive Kraft
schneller zu- und abnehmen, wenn die Entfernung sich ver-
ändert, als die attractive Kraft. Beide Kräfte lassen sich auch
auf eine einzige zurückbringen, wenn man im mathematischen
Ausdrucke derselben die entgegengesetzten Zeichen annimmt.
Hiernach berührt diese Theorie auch die berühmte Streitfrage,
ob es auſser der Newton'schen Attraction noch eine solche giebt,
die andern Gesetzen, als denen der Masse und des umgekehrten
quadratischen Verhältnisses des Abstandes unterliegt. Zu dem,
was hierüber bereits im Art. *Anziehung* gesagt worden ist, ver-
dient noch nachträglich eine ausführliche Untersuchung dieser
Aufgabe erwähnt zu werden, die Belli in zwei Abhandlun-
gen, einer ersten kürzern und einer zweiten ausführlichern[1],

1 Riflessioni sulla Legge dell' Attrazione molecolare del Dre.

bekannt gemacht hat, worin er mit Anwendung des höhern Calcüls nachweiset, daſs die Newton'sche Attraction zur Erklärung der Molecular-Anziehung, wie sie sich namentlich in den Phänomenen der Cohäsion zeigt, nicht genüge. Dieses Resultat läſst sich auf eine einfache Weise anschaulich machen, wenn man überlegt, daſs die geometrische Demonstration dieser Kraft allezeit bloſs auf die Aeuſserungen der Schwere führen muſs, wovon das Gesetz selbst entlehnt ist, nicht wohl aber andere, hiervon verschiedene Phänomene erklären kann. Ampère's Ansichten hierüber stehn mit denen im Einklange, die wir bei mehrern der bedeutendsten, namentlich französischen Geometer finden, mit dem Unterschiede, daſs er die Molecüle, welche sonst als Elementartheilchen angesehn werden, aus den noch kleinern Atomen zusammengesetzt annimmt und hierdurch sich etwas weiter von Laplace's bekannter Hypothese, aber allerdings auf eine sehr sinnreiche und ansprechende Weise, entfernt. Die Hauptschwierigkeit besteht eigentlich darin, ein solches Verhalten der Molecularkräfte oder der den einfachen und untheilbaren Molecülen eigenthümlich inwohnenden Attractions- und Repulsionskraft aufzufinden, vermöge dessen ihre völlige Berührung wegen der mit der Annäherung bedeutend wachsenden Repulsion unmöglich wird, während die Attraction eine Trennung bei geringem Abstande hindert, ohne jedoch über eine gewisse Grenze hinaus sich noch wirksam zu zeigen, und wobei noch auſserdem beide sich entgegenwirkende Kräfte für einen gewissen Abstand in ein stabiles Gleichgewicht kommen, welches zugleich durch den Einfluſs der Wärme modificirt wird. Poisson hat schon früher[1] für diesen Conflict der Molecularkräfte einen analytischen Ausdruck aufzufinden versucht, ohne daſs es ihm jedoch gelungen ist, alle verschiedene Erscheinungen hieraus nachzuweisen, auſserdem aber hat er sich wiederholt über das Wesen der Materie und der aus ihr zusammengesetzten Körper erklärt. Hiernach[2] bestehn alle wägbare Körper aus verschwindend kleinen Molecülen, mit denen eine gewisse Quantität unwägbarer, aber ma-

---

Gius. Belli. Padova 1832. 4. Riflessioni sulla Legge dell' Attrazione molecolare. Memoria del Dre. Gius. Belli cet. Milano 1833. 4.

1 Mém. de l'Acad. T. VIII. p. 369.

2 Ann. Ch. Phys. T. XLII. p. 145.

rieller Wärme durch Anziehung verbunden ist, neben gleichzeitig vorhandener elektrischer und magnetischer Materie, von eren Vorhandenseyn jedoch bei der Betrachtung des Verhalens der Körper im Allgemeinen abstrahirt werden kann, so inge beide Potenzen sich im gebundenen oder neutralen Zutande befinden. Der Wärmestoff ist in sehr kleiner Menge n den Zwischenräumen der Molecüle enthalten, in desto röſserer haftet er an letztern selbst, weswegen alle seine Wirungen von diesen unmittelbar auszugehn scheinen. Die Moecüle haben bloſs Anziehungskraft gegen einander und gegen den Wärmestoff, letzterer aber übt Repulsion gegen ich selbst aus, und beide Kräfte nehmen mit der Entfernung der Molecüle von einander so schnell ab, daſs sie bei einer merklichen ganz unmerklich werden; jedoch sind die Molecüle so klein, daſs der Abstand, bei welchem eine Abnahme der Kräfte beginnt, jederzeit ein Multiplum dieses Durchmessers ist, und also eine unzählbare Menge solcher Molecüle gleichzeitig im Conflicte der jedem einzelnen zugehörigen Kräfte sich befinden. Beide Kräfte befolgen nicht gleiche Gesetze ihrer durch den Abstand bedingten Stärke, jedoch giebt es jederzeit eine gewisse Entfernung derselben, für welche ein stabiles Gleichgewicht derselben eintritt. Auf welche Weise hiernach der verschiedene Aggregatzustand der Körper, je nachdem sie fest oder sowohl tropfbar als auch elastisch flüssig sind, erklärbar werde, ist bereits am gehörigen Orte gezeigt worden[1]. Auch Cauchy[2] ist Anhänger dieser Theorie, die mehrfache wichtige Anwendungen gestattet. Beim Zustande der *Festigkeit* wirken alle Molecüle attractiv auf einander, bei *tropfbar flüssigen* Körpern verschwindet die Wirkung der von den einander zunächstliegenden Theilchen ausgehenden Anziehung gegen die der entferntern, im gasförmigen Zustande sind die Theilchen so weit von einander, daſs die Wirkung der Attractivkraft gegen die der Wärme unmerklich wird und ganz vernachlässigt werden kann. Nach Fechner scheint die Vorstellung vom Zustande der tropfbaren Flüssigkeit am wenigsten sachgemäſs, auch ist in der That auf den ersten Blick nicht wohl begreiflich, wie eine Kraft auf ein entferntes Molecül sich wirksam zeigen soll, ohne auf ein näher liegendes

1 S. *Festigkeit*, *Flüssigkeit* und *Gas*, *Wesen der Gasform*.
2 Bulletin des Sc. math. XI. 413. XII. 224.

mit gröſserer Intensität zu wirken. In der That wäre dieses für sich allein und ohne Weiteres ganz unmöglich, allein Fechner bemerkt zugleich ganz richtig, daſs nicht bloſs die Attraction, sondern zugleich die der Wärme eigenthümliche Repulsion zu berücksichtigen sey. Denkt man sich demnach, um dieses näher zu erläutern, daſs die Repulsion der Wärme, übereinstimmend mit Poisson's Ansicht, mit zunehmender Entfernung in einem stärkern Verhältnisse abnimmt, als die Molecularattraction, so läſst sich allerdings ein Abstand zweier Molecüle denken, bei welchem die Attraction beider gegen einander durch die überwiegende Repulsion der Wärme verschwindet, obgleich die auf ein entfernteres Molecül ausgeübte, wo die schneller abnehmende Wärmerepulsion bedeutend vermindert worden ist, noch immer merkbar bleibt. Wollte man hieraus folgern, daſs demnach der Zustand der Festigkeit gar nicht statt finden könne, weil in diesem die Molecüle einander noch näher kommen müssen, so läſst sich dieser Einwurf leicht beseitigen, weil flüssige Körper nur durch Entziehung der Wärme, also unter der Bedingung einer bedeutenden Verminderung der Repulsionskraft, fest werden. Nimmt man für dieses Gesetz den analytischen Ausdruck

$$k r e^{-r m^2},$$

worin k und e Constanten (e gröſser als 1), r den Abstand zweier Molecüle und m eine beliebige groſse Zahl bedeuten, so verschwindet diese Function für $r = 0$ und $r = \infty$, wird aber für $r = \frac{1}{m^2}$ zum Maximum.

So ſcharfſinnig dieses übrigens ersonnen ist und so vielen Aufſchluſs man daraus zur Erklärung vielfacher Erscheinungen in der Körperwelt entnehmen kann, so ist damit doch keineswegs eine anschauliche Vorstellung über das Wesen der Materie und die eigenthümliche Beschaffenheit der Wärme, insofern sie entweder repulsives Princip selbst oder mit diesem begabt seyn muſs, gegeben, und die Lösung dieser Fragen wird den angestrengten Bemühungen der Naturphilosophen noch lange unüberwindliche Schwierigkeiten entgegenstellen.

M.

Digitized by Google

Mathematik.

Gröſsenlehre; *Mathesis;* les Mathématiques; *Mathematics;* ist die Wissenschaft, welche Gröſsen vergleichen, aus gegebnen Gröſsen andre nach gegebnen Bedingungen bestimmen lehrt u. s. w. Der Name Mathematik hat keine unmittelbare Beziehung auf diesen bestimmten Gegenstand, sondern *μάθησις, μάθημα* bezeichnet überhaupt Kenntniſs, Wissenschaft; indeſs sind unter *μαθήματα* schon bei den Alten vorzüglich die jetzt sogenannten mathematischen Wissenschaften verstanden worden.

Wenn man bloſs bei den allgemeinen Untersuchungen über Gröſsen stehen bleibt, wie die *reine Mathematik* (mathesis pura) es thut, und nicht Anwendung auf Erfahrungsgegenstände macht, so giebt es nur zwei Arten von Gröſsen, diejenigen nämlich, die man als eine Anzahl einzelner Theile betrachtet oder bei denen man bloſs auf die Zahl der Theile sieht, und diejenigen, bei deren Betrachtung von der Lage, von räumlicher Bestimmung, die Rede ist; eine Gröſse der ersten Art, wo man die Theile bloſs als zusammengenommen betrachtet (*quantum discretum*), giebt uns bloſs Gelegenheit zum Rechnen; eine Gröſse der zweiten Art, eine räumliche Gröſse, deren Theile wir daher als in einer bestimmten Ordnung im Raume zusammenhängend uns vorstellen (*quantum continuum*), ist der Ausmessung fähig; indeſs gebraucht man das Wort *messen* auch wohl von der Vergleichung der Zahlen oder anderer Gröſsen unter einander. Die hierher gehörigen Untersuchungen nennt man *reine* Mathematik, weil sie frei von aller Erfahrung sich als im Verstande selbst gegeben darstellen und ihre Schlüsse sich als nothwendig an einander anknüpfen. In der Geometrie scheinen zwar die vor Augen gelegten Figuren ein Erfahrungshülſsmittel zu seyn, aber selbst der Schüler in der Geometrie überzeugt sich leicht, daſs es nicht eines streng richtig gezeichneten gleichseitigen Dreiecks bedarf, um den Satz zu beweisen, daſs das gleichseitige Dreieck drei gleiche Winkel hat, sondern daſs es sich gewiſs so finden müsse, wenn das Dreieck wirklich gleichseitig gezeichnet würde.

Digitized by Google

Sieht man bloſs auf die Menge der in einer Gröſse enthaltenen gleichen Theile, wobei man von dem Grundbegriffe der Einheit und Vielheit ausgeht, so lehrt zuerst die *Arithmetik* aus gegebnen Zahlen andere Zahlen herleiten, die als Summe, Unterschied, Vielfaches, Theile u. s. w. aus jenen entspringen. Sie unterscheidet sich von der *Algebra* dadurch, daſs sie durch Rechnen mit bekannten Zahlen unbekannte Zahlen finden lehrt, ohne daſs man schon während des Rechnens selbst die unbekannte Zahl ins Auge zu fassen, sie mit in der Rechnung zu erwähnen nöthig hätte; bei algebraischen Aufgaben hingegen können wir nicht vermeiden, schon im Laufe der Rechnung an die unbekannte Gröſse zu denken, sie in der Rechnung einen Platz einnehmen zu lassen. Dieses hat zuerst zur Buchstabenrechnung geführt, indem man es bequem fand, die unbekannte Zahl durch ein Zeichen, durch einen Buchstaben anzudeuten. Die Buchstabenrechnung gewährt aber selbst in ihrer einfachsten Anwendung schon auch den Vortheil, allgemeine arithmetische Lehrsätze zu finden und Rechnungsregeln die in Worten umständlich seyn würden, in Zeichen einfach darzustellen und ihre völlige Allgemeinheit zu zeigen, und so wird sie die Grundlage der allgemeinen Gröſsenlehre.

Die Aufgaben der Algebra führen auf Gleichungen und die Auflösung der Gleichungen ist daher immer als Hauptgegenstand der Algebra angesehn worden. Als ein sich an die Algebra anknüpfender Theil der allgemeinen Gröſsenlehre, welche die Gröſsen nicht in ihrer räumlichen Verbindung betrachtet, ist die bei den neuern Mathematikern sogenannte *Analysis* anzusehn. Sie lehrt zunächst die mannigfaltigen Entwickelungen kennen, welche die Potenzen mehrtheiliger Gröſsen, die Exponentialgröſsen u. s. w. darbieten; insbesondere aber giebt sie in der *höhern Analysis* an, wie die veränderlichen Werthe *einer* Gröſse, die von *einer oder mehrern andern* abhängt, aus den letztern bestimmt werden. Die Untersuchung, wie hier die Aenderung der letztern Gröſsen zur Kenntniſs der Aenderungen jener erstern, die eine Function der letztern heiſst, führen und wie man umgekehrt aus dem gegebenen Gesetze der Aenderungen einer Function auf die Form dieser Function selbst zurückschlieſsen, sie bestimmen kann, macht den Gegenstand der *Differential- und Integralrechnung* aus.

Digitized by Google

Der zweite Theil der reinen Mathematik umfaſst die *Geometrie*, welche von der Vergleichung räumlicher Gröſsen handelt. Daſs die ebene Geometrie von Vergleichung solcher Gröſsen handelt, die ganz in einer Ebene liegen, die körperliche Geometrie oder *Stereometrie* dagegen von solchen, bei denen alle drei Abmessungen des Raums in Betrachtung kommen, ist bekannt, und davon so wenig, als von der Reihenfolge der gleichsam einer zum andern hinleitenden Sätze will ich hier reden. Aber von den verschiedenen Methoden muſs ich doch etwas sagen.

Die einfachsten Sätze werden allemal nach der Methode, welche man die *synthetische* nennt, vorgetragen, deren Charakter man wohl so andeuten kann, daſs in einer Figur die gleichen oder ähnlichen Theile aufgesucht und durch ihre Vergleichung oder Verbindung neue Sätze aufgesucht und als richtig bewiesen werden. (Man darf nur an den Euklidischen Beweis des Pythagorischen Lehrsatzes denken.) *Geometrische Analysis* nennt man es dagegen, wenn man die Regeln einer verlangten Construction aus einer Figur, welche das Gesuchte schon auf allgemeine Weise darstellt, herleitet und also das Gegebene und das Gesuchte gleich vom Anfang an in die Betrachtung zieht. Ein Beispiel wird dieses erläutern. Es werde verlangt, ein Dreieck zu zeichnen, dessen einer Winkel Fig.
$= a$, die Summe der beiden anliegenden Seiten $= AB$, die 243.
Differenz derselben Seiten $= CD$ seyn soll, so ist es am vortheilhaftesten, ein ganz willkürliches Dreieck LMN zu zeichnen, welches das verlangte nur obenhin vorstellen soll. Man verlängert NL um $LP = LM$, damit PN gleich der Summe zweier Seiten sey, man nimmt $LQ = LM$, damit NQ die Differenz beider Seiten sey, und da man nun überlegt, daſs P, M, Q auf einem um L gezognen Kreise liegen und daſs $MPL = \frac{1}{2} MLQ$, so hat man an ein willkürliches Dreieck LMN eine Construction geknüpft, welche die Summe, den Unterschied und den Winkel fast so enthält, wie die Aufgabe fordert, und welche daher nur umgekehrt werden darf, um jene Aufgabe aufzulösen. Die Auflösung heiſst so: Man zeichnet $pn = AB$ als gegebne Summe, trägt von n aus die Fig.
Gröſse $nq = CD$ als gegebnen Unterschied auf, zeichnet 244.
$npm = \frac{1}{2} a$, halbirt pq in l, macht l zum Mittelpuncte eines Kreises, dessen Durchschnittspunct m mit dem Schenkel des

Digitized by Google

Winkels sich nun ergiebt; dann sind l, m, n die drei Eckpuncte des gesuchten Dreiecks. Man ist also durch Betrachtung eines mit dem gesuchten weder durch Gleichheit noch Aehnlichkeit verbundenen Dreiecks zur Construction des gesuchten geleitet worden; freilich nicht ganz durch Analysis, sondern zum Theil durch Synthesis, aber doch vorzüglich dadurch, daſs man Eigenschaften, die ein jedes Dreieck besitzt und die mit den Forderungen der Aufgabe in Beziehung stehn, aufsuchte, welches eine analytische Behandlungsart ist.

Diese beiden Methoden, die eigentlich sogenannte synthetische und die der geometrischen Analysis, sind rein geometrisch; aber die Geometrie gestattet auch eine Behandlung, die ganz die arithmetische Form annimmt. Offenbar läſst sich, wenn a, b, h die drei Seiten eines rechtwinkeligen Dreiecks bezeichnen, der Pythagorische Lehrsatz in Form einer *Gleichung* darstellen: $a^2 + b^2 = h^2$, wenn wir uns die Seiten in gleiche Theile getheilt denken und mit der Anzahl dieser Theile rechnen; daraus aber folgt $a^2 = h^2 - b^2 = (h+b)\ (h-b)$ oder $(h + b) : a = a : (h - b)$, so daſs rechnend ein ganz neuer Satz gefunden worden ist: die eine Kathete ist die mittlere Proportionallinie zwischen Summe und Differenz der Hypotenuse und andern Kathete.

Diese Anwendung der arithmetischen Methode auf die Geometrie, deren Vortheile schon die Trigonometrie kennen lehrt, führt aber weiter, indem die eigentlich sogenannte *analytische Geometrie* uns bei der Kenntniſs der Eigenschaften krummer Linien unglaublich zu Hülfe kommt; sie lehrt uns theils in einer ganz rechnenden Darstellung, in algebraischen Formeln, die auf geometrische Betrachtungen gebaut sind, die Eigenschaften der Curven, der krummen Flächen u. s. w. so lesen, als ob wir sie mit Augen sähn, und leistet dieses selbst da, wo Zeichnung und Construction unüberwindlich schwierig würden, theils aber dient sie uns auch umgekehrt, rein analytische Sätze leichter zu übersehn, indem wir sie auf geometrische Bestimmungen übertragen. Es ist nämlich leicht einzusehn, daſs sich alle Werthe einer Function y, die von x abhängt, als Ordinaten einer Curve darstellen lassen, so daſs diese Curve ein Bild der Function y, als alle ihre Werthe zugleich vor Augen legend, giebt; dadurch aber wird es

Digitized by Google

dann möglich, rein analytische Sätze in geometrischer Form aufzufassen[1].

Wie viel umfassend, ja wie unermeſslich der Umfang dieser reinen mathematischen Untersuchungen ist, läſst sich hier nicht nachweisen und die bisherigen Andeutungen müssen daher genügen. Von der Anwendung der Mathematik aber muſs ich noch etwas anführen.

Man unterscheidet gewöhnlich drei Hauptzweige der *angewandten Mathematik (mathesis applicata)*, die Anwendung nämlich auf Gleichgewicht und Bewegung, auf die Erscheinungen des Lichts und auf die Erscheinungen der Himmelskörper; aber in wissenschaftlicher Hinsicht haben diese verschiedenen Anwendungen einen sehr ungleichen Rang. Die Lehren vom Gleichgewichte und der Bewegung, die *Statik* nämlich, die *Mechanik, Hydrostatik* und *Hydrodynamik*, beruhn, obgleich sie sich auf die Geometrie, Arithmetik und Analysis stützen, doch auf eigenthümlichen Grundsätzen und lassen sich, mit Voraussetzung einiger wenigen Erfahrungen, so consequent durchführen, daſs sie fast eben die mathematische Strenge und Evidenz gestatten, wie die Lehren der Geometrie. Die Lehre vom Lichte (*Optik*) und die von der Bewegung der Himmelskörper (*Astronomie*) hat einen so reinen und eigenthümlichen theoretischen Theil nicht, sondern beide geben zwar zu den mannigfaltigsten Anwendungen der rein mathematischen Lehren und der Mechanik Anlaſs, aber doch nur zu solchen Anwendungen, die keine neuen Grundprincipien darbieten. Mit demselben Rechte, wie Optik und Astronomie, wird man vermuthlich bald auch die Lehre von der Wärme, der Elektricität und dem Magnetismus als Zweige der angewandten Mathematik ansehn dürfen, da Fourier, Ampère, Poisson, Murphy und Andere schon sehr bedeutende Beiträge zu einer mathematischen Betrachtung dieser Lehren geliefert haben.

---

1 Ich darf nur an die schwierige Lehre von den *besondern Auflösungen* der hierzu geeigneten Differentialgleichungen erinnern, die durch Betrachtung der *Grenzcurven* in hohem Grade verdeutlicht wird. Es sey mir erlaubt hinzuzufügen, daſs vorzüglich der zweite Theil meiner höhern Geometrie und ebenso Monge applicat. de l'anal. à la Géom. den Zweck hat, die schwierigen analytischen Lehren durch geometrische Darstellung zu verdeutlichen.

Digitized by Google

Als Anwendungen der Mathematik in technischer Beziehung kann man acht verschiedene Abtheilungen angeben. 1) Die *praktische Arithmetik,* wo nämlich die allgemeinen Lehren der Arithmetik auf die besondern Gegenstände angewandt werden, welche der Handel, die Finanzwissenschaft, die Forstwissenschaft, die rechtliche Auseinandersetzung von Geldansprüchen aller Art, die Landwirthschaft, ja selbst die Chemie darbieten. 2) Die *praktische Geometrie*, die das Ausmessen und Darstellen von Theilen der Erdoberfläche zum Gegenstande hat. Zu ihr gehören auch die *Markscheidekunst* oder die Bestimmung der Lage der in den Bergwerken vorkommenden ausgearbeiteten Schachte und Stollen, sowie der Metall haltenden Gänge u. s. w., ferner die Kunst des Nivellirens oder Wasserwägens. 3) Die *praktische Mechanik* oder *Maschinenlehre,* eine Wissenschaft, die wegen so vieler von ganz speciellen Umständen abhängenden Verschiedenheiten bei weitem nicht die Sicherheit gestattet, wie die beiden vorigen. Indeſs lehrt sie die Wirkungsart der verschiedenartigen und auf verschiedene Weise angebrachten Kräfte beurtheilen, die Wirkung einer Maschine bestimmen, ihre vortheilhafteste Einrichtung angeben u. s. w. 4) Als von ihr getrennt muſs man die *Hydraulik*, nämlich denjenigen Theil der praktischen Lehre von der Bewegung flüssiger Körper betrachten, der bloſs die aus Gefäſsen ausflieſsende, in Röhren fortflieſsende Wassermenge und ähnliche Gegenstände betrifft. 5) Die *Baukunst*, gewöhnlich *bürgerliche Baukunst* genannt, welche die Einrichtung und den Bau von Wohnhäusern und andern Gebäuden zum Gegenstande hat, macht freilich vielfachen Gebrauch von mathematischen Bestimmungen, indem theils Eintheilung und Zeichnung, theils Berechnung der Festigkeit und angemessene Anwendung von Maschinen mathematische Kenntnisse erfordern, indeſs kann man sie so wenig, als die folgenden, eigentlich mathematische Wissenschaften nennen. 6) Die *Wasserbaukunst*, die von der Anlegung der Häfen und Canäle, vom Schutze gegen die nachtheiligen Einwirkungen der Ströme und des Meeres auf die Ufer handelt, und ebenso die *Straſsenbaukunst* fordern gleichfalls mathematische Kenntnisse. 7) Ebendieses gilt von den *Kriegswissenschaften*, unter denen besonders die *Artillerie* schwierige mathematische Aufgaben, z. B. die Bestimmung der Kugelbahn in der Luft, zu beantworten hat.

Digitized by Google

3) Endlich bedürfen die zum *Seewesen* gehörenden Wissenschaften ganz vorzüglich der Leitung der Mathematik, indem der Bau der Schiffe von der hydrostatischen Untersuchung über das Gleichgewicht der schwimmenden Körper und über den Widerstand bewegter Körper im Wasser abhängt, die Bestimmung des Laufes des Schiffes und seines jedesmaligen Ortes astronomische Kenntnisse fordert u. s. w.

Die Mathematik zeichnet sich, sofern sie von Erfahrungen unabhängig ist, durch eine vollkommene Gewiſsheit und durch eine, jedem gesunden Verstande deutlich zu machende Evidenz vor allen Wissenschaften aus, und obgleich in der Anwendung auf die Natur sehr oft Hypothesen zum Grunde gelegt werden müssen, so gewährt doch auch da die strenge Consequenz ihrer Schlüsse eine genaue Einsicht in den Zusammenhang der Ercheinungen. Was zuerst die reine Mathematik betrifft, so liegen die Grundbegriffe von Vielheit und Verhältniſs, von Raum und Lage so in unserm eignen Geiste, daſs die Sätze der Arithmetik und Geometrie uns nur als eine Entwickelung dessen, was wir als gar keine Einwürfe zulassend erkennen, erscheinen. Die Lehren der Arithmetik und der daran sich anschlieſsenden Algebra, Analysis und höheren Analysis lassen sich so vortragen, daſs sie als eine ganz natürliche Reihenfolge, wo jede neue Frage sich an die schon beantwortete anschlieſst und jede neue Frage ihre Beantwortung schon in den vorigen findet, sich darstellen. In der Geometrie läſst sich ebenfalls die Art, wie ein Satz sich an den andern anschlieſst, wie der eine zu dem Bedürfniſs führt, die Untersuchung so fortzusetzen, daſs der nächste Satz hervorgeht, nachweisen, und wenn man so verfährt, so findet man selbst im Fortgange zu den verwickeltsten Sätzen jederzeit nur eine aus genauerer und immer genauerer Betrachtung ganz bekannter und sicher begründeter Kenntnisse hervorgegangene nothwendige Schluſsreihe.

Es ist zwar wahr, daſs auch in der reinen Mathematik sich zuweilen Irrthümer eingeschlichen haben, aber dieses doch nur durch Unaufmerksamkeit, indem man entweder wirklich einen Fehler in den Schluſsfolgen gemacht und diesen auch später nicht aufgefunden hatte, oder indem man Schlüssen eine gröſsere Allgemeinheit beilegte, als man ihnen hätte

beilegen sollen[1]. Daſs diese Irrthümer fast immer nur als bloſse Uebereilungen anzusehn sind, zeigt die bei Entdeckung des Irrthums fast allemal sehr bald entschiedene Gewiſsheit für oder gegen die aufgestellte Behauptung. Dagegen sind aber allerdings die Lehren der angewandten Mathematik eher der Möglichkeit des Irrthums und einer schwer zu entscheidenden Unsicherheit unterworfen, und dieses hat sogar manche sonst scharfsinnige Physiker zu der Meinung verleitet, daſs die Zurückführung der Naturerscheinungen auf mathematische Betrachtung keineswegs so sehr zu empfehlen sey. Diese Meinung zu vertheidigen hat man angeführt, theils daſs die mathematischen Bestimmungen sich doch in den Anwendungen auf die Natur fast immer auf Hypothesen gründen, theils daſs eine anscheinende Uebereinstimmung mit den Ergebnissen der Formeln nicht immer einen Beweis für die Richtigkeit der Theorie gebe und die unrichtige Theorie leicht in der scheinbaren Sicherheit mathematischer Bestimmungen eine Stütze und ein Uebergewicht über die wahre Theorie finden könne. Diese Einwürfe, wenn gleich meistens nur von Männern herkommend, die mit der Mathematik nicht sehr vertraut waren, sind allerdings nicht ganz ohne Grund, aber doch keineswegs wichtig genug, um den Nutzen der mathematischen Naturforschung in ein ungünstiges Licht zu stellen, wie ich durch die folgenden Betrachtungen zu zeigen hoffe.

Was zuerst die Nothwendigkeit betrifft, der mathematischen Behandlung eine Hypothese als anscheinend willkürliche Grundlage zu geben, so ist diese Nothwendigkeit fast bei jeder Art der Naturforschung vorhanden, indem wir zuerst von der Vermuthung oder Hypothese, daſs die eine Erscheinung die Ursache der andern enthalte, ausgehn und durch Prüfung dieser Vermuthung den wahren Zusammenhang der Erscheinungen erforschen müssen. Diese Prüfung aber findet mit Hülfe mathematischer Regeln offenbar am bestimmtesten statt. Es ist nämlich erstlich eine unbestimmte Hypothese an sich schon unfähig, eine Grundlage mathematischer Untersuchung abzugeben, und daher muſs der Mathematiker gewiſs sich genau fragen, welches die Grundbedingungen seiner Rech-

1 z. B. Sätze, die von Potenzen mit ganzen Exponenten unbedenklich richtig sind, auch für Bruch-Exponenten als gültig ansah.

Digitized by Google

nung seyn sollen; oberflächliche Vergleichungen, Erklärungen, die uns ein bloſses Wort statt eines klaren Begriffes geben, zeigen sich sogleich in ihrer Nichtigkeit, sobald man sie in mathematischer Beziehung gebrauchen will. Es ist zum Beispiel in ältern Büchern oft davon die Rede, daſs der Mond durch seinen Druck die Fluth hervorbringe, und so lange man sich mit Worten begnügt, läſst sich gar nicht übel glaublich machen, daſs dieser Druck auf die Mitte des Oceans das Wasser an die Küsten dränge u. s. w.; aber wenn der Mathematiker hieran eine Rechnung zu knüpfen unternimmt, so fragt er, ob denn ein ähnlicher Druck auch auf die festen Theile der Erde statt finde, ob denn nicht ein solcher auf die ganze Erde ausgeübter Druck die Bewegung der Erde in ihrer Bahn ändern müsse, ferner ob denn die Zeit der Erscheinungen der Fluth mit dieser Voraussetzung übereinstimme u. s. w., und er überzeugt sich dann bald, daſs er diese Hypothese gar nicht zu einer mathematischen Grundlage der Theorie der Fluth gebrauchen könne, statt daſs die anziehende Kraft des Mondes alle Data zu einer Rechnung liefert und die Erscheinungen durch sie sich sehr glücklich erklären. Ein andres Beispiel kann Newton's Theorie der Farbenzerstreuung geben. Er begnügte sich nicht, obenhin zu sagen, es bilden sich bei der Brechung rothe und blaue Ränder, sondern er nahm die Hypothese einer für jeden Farbenstrahl der Gröſse nach verschiedenen, aber gleichen Gesetzen folgenden Brechung an, und wenn dann das Gesetz der Brechung, daſs das Verhältniſs für die Sinus des Einfallswinkels und des gebrochenen Winkels constant sey, für jeden einzelnen Strahl statt fand, so lieſsen sich hierauf genau zu berechnende Folgerungen gründen, an welche gar nicht zu denken wäre, wenn man etwa in unmathematischen Worten dem rothen Lichte eine mindere Geneigtheit, den geraden Weg zu verlassen, beigelegt hätte.

Die Prüfung einer Hypothese wird aber auch zweitens darum durch mathematische Rechnung am besten ausgeführt, weil man sich in den auf sie gebauten streng mathematischen Folgerungen vollkommen gegen alle Trugschlüsse sichern kann, und dabei ist es denn auch unmöglich, durch ein vages Hin- und Herreden die Resultate der Beobachtung als der Grundhypothese entsprechend darzustellen, wenn sie es in der That

Digitized by Google

nicht sind. Ja die mathematische Betrachtung gewährt drittens den Vortheil, die der Hypothese entsprechenden Erfolge nach Zahl und Maſs anzugeben und so zu entscheiden, ob die Hypothese sich an die Reihe der Beobachtungen ganz genau anschlieſst, oder ob sie eine ganz andere Folge von Werthen bei veränderten Umständen giebt, oder ob die beobachteten Werthe zwar das angenommene Gesetz in gewissen Fällen befolgen, aber doch in andern Fällen regelmäſsige Abweichungen darbieten. Im letztern Falle geben die Vergleichungen dann eine Veranlassung, um die Nebenumstände aufzusuchen, die eine Abweichung von der Theorie zur Folge haben, und oft selbst die mit einwirkenden Kräfte schon in dem Gange ihrer Wirkungen kennen zu lernen. Die Vergleichung der Bewegung der Himmelskörper, z. B. des Mondes, hat viele Beispiele von diesem nicht vollkommenen Zusammentreffen der Erfahrung mit der Theorie gegeben, und die Beobachter haben sich oft geraume Zeit begnügen müssen, nur das Gesetz der Abweichungen, welche zwischen der Theorie und der Erfahrung statt fanden, aufzufassen; aber bis jetzt hat noch fast immer sich gezeigt, daſs auch die Theorie, hier nämlich die Theorie der allgemeinen Gravitation, jene Abweichungen rechtfertige, indem diese nur von einer noch nicht mit in Betrachtung gezogenen Einwirkung (eines minder bedeutend scheinenden, benachbarten Planeten zum Beispiel) abhingen. Und wo auch, wie z. B. bei der Bewegung des Encke'schen Kometen, eine noch unerklärte Correction nöthig bleibt, wo wir daher eine fremde Einwirkung (hier wahrscheinlich den Widerstand des Aethers) zugestehn müssen, da zeigt doch gewöhnlich die Vergleichung zwischen Rechnung und Beobachtung, ob man diese Abweichung nur einem Nebenumstande zuzuschreiben habe, oder die ganze Hypothese als unrichtig aufgeben müsse. Im schönsten Lichte zeigt sich aber viertens die mathematische Prüfung einer Theorie da, wo es ihr gelingt, noch nicht wahrgenommene Umstände als nothwendige Folgerungen aus der Theorie vorauszusagen und wo diese sich, wenn man seine Aufmerksamkeit auf sie richtet, bestätigt und selbst in genauen Zahlenbestimmungen richtig finden.

Durch solche Uebereinstimmungen gelangen wir sehr oft zu der Ueberzeugung, daſs die Hypothese, als überall be-

Digitized by Google

währt befunden, die richtige ſey; aber dennoch iſt der Einwurf, daſs eine Hypotheſe einer groſsen Reihe von Erſcheinungen entſprechen und dennoch unrichtig ſeyn könne, nicht ganz ungegründet. Die Tychoniſche Hypotheſe über die Anordnung des Planetenſyſtems, daſs nämlich die Erde ruhe, der Mond und die Sonne Bahnen um dieſelbe durchlaufen, die ſämmtlichen Planeten und Kometen aber Bahnen um die Sonne beſchreiben und daſs die Sonne bei ihrem Umlaufe um die Erde alle dieſe Bahnen und die auf ihnen bewegten Körper mit ſich fortführt, iſt gewiſs irrig, aber ſie entſpricht beinahe allen Erſcheinungen, und wenn man die Aberration des Lichts nicht kennte, welche geradezu auf eine Bewegung der Erde hindeutet, und das dritte Kepler'ſche Geſetz (daſs ſich die Quadrate der Umlaufszeiten wie die Cubi der Entfernungen verhalten) nebſt den Newton'ſchen Attractionsgeſetzen unbekannt geblieben wären, ſo könnte man dieſe Hypotheſe allerdings mit vielen Gründen vertheidigen. Ein ebenſolches Beiſpiel für die Uebereinſtimmung zwiſchen Theorie und Erfahrung geben die beiden Theorieen des Lichts, die beide ſich an ſehr zahlreiche Erfahrungen anſchlieſsen und dennoch nicht beide richtig ſeyn können. Die Betrachtung ſolcher Beiſpiele iſt allerdings geeignet, gegen eine allzu ſichere Behauptung, daſs wir die Wahrheit ganz gewiſs erkannt und durch mathematiſche Schlüſſe beſtätigt haben, etwas miſstrauiſch zu machen, aber ſie erſchüttert die Behauptung nicht, daſs unter den uns dem Irrthum unterworfenen Menſchen verliehenen Mitteln, zur Erkenntniſs der Wahrheit in Beziehung auf die Naturerſcheinungen zu gelangen, die Mathematik zu den vorzüglich ſicheren gehört. Dem Irrthum bleiben wir faſt überall möglicher Weiſe ausgeſetzt und müſſen dieſes demüthig anerkennen, aber dieſes iſt gewiſs bei der ſogenannten naturphiloſophiſchen Methode weit mehr der Fall, als bei der mathematiſchen. Dieſe zu befolgen, ſie überall, wo es möglich iſt, anzuwenden und mit ihrer Hülfe die Erfahrung Schritt für Schritt mit dem, was eine zum Grunde gelegte Hypotheſe angiebt, zu vergleichen, das iſt gewiſs im Allgemeinen der am meiſten zu empfehlende Gang der Naturforſchung, und unſer jetziges Zeitalter verdankt groſsen Theils dieſer Forſchungsweiſe die ſo groſsen und raſchen Fortſchritte, deren wir uns erfreuen.

Digitized by Google

Noch ein Vorwurf mag hier erwähnt werden, den man den mathematischen Physikern gemacht hat, nämlich daſs sie mit zu viel Vorliebe mathematische Formeln auch da anbringen, wo man mit leichterer Rechnung ausreicht. Dieser Vorwurf trifft nicht eigentlich diejenigen, welche zum Zwecke einer weitern Ausbildung der Naturlehre sich solcher Formeln bedienen, sondern die, welche Lehrbücher oder Bücher, die zur Verbreitung der Wissenschaft bestimmt sind, schreiben. In dieser Beziehung bietet jener Vorwurf zwei ganz entgegengesetzte Betrachtungen dar. Von der einen Seite ist es in der That sehr zu empfehlen, daſs man die Lernenden gewöhne, den Gegenstand selbst immer streng im Auge zu behalten, und das geschieht oft besser bei Anwendung elementarer Methoden; von der andern Seite aber bietet die höhere Analysis auch wieder so unschätzbare Erleichterungen dar, daſs man Unrecht thun würde, wenn man dem Lernenden nicht sobald als möglich dieses so wichtige Werkzeug in die Hand gäbe. Eine geschickte Verbindung beider Methoden möchte daher wohl am meisten zu empfehlen seyn, damit der Schüler weder bei seiner Fertigkeit im Rechnen und bei geschickter Anwendung bequemer Rechnungsmethoden sich gewöhne, im Rechnen den Gegenstand der Untersuchung zu vergessen, noch aus Mangel an Kenntnissen sich unnöthig abmühe, welches gewöhnlich denen begegnet, denen es an mathematischen Kenntnissen fehlt.

Ueber den Nutzen der Mathematik für die Ausbildung des Verstandes ist es wohl überflüssig, hier etwas zu sagen, da diejenigen, welche sich mit der Naturlehre beschäftigen, gewiſs von diesem Nutzen überzeugt sind. Die Genauigkeit, mit welcher man bei dem Unterrichte in der Mathematik angeleitet wird, nichts, was noch ungewiſs oder unbekannt ist, als gewiſs und bekannt vorauszusetzen, die strenge Consequenz in den Schlüssen u. s. w. muſs bei richtiger Lehrmethode auf den Schüler einen sehr wohlthätigen Einfluſs haben. Dieses würde auch wohl allgemeiner anerkannt werden, wenn nicht theils die Beschränktheit mancher Philologen, die in der Grammatik der alten Sprachen, ja in einer Wortklauberei ihr Alles finden, auf manche Schule allzu unbedingten Einfluſs hätte, theils aber auch Ungeschicklichkeit im mathematischen

Digitized by Google

Interrichte den Erfolg, welchen dieser haben sollte, sehr her-
bsetzte.

Die *Geschichte der Mathematik* hier zu erzählen scheint
nir unangemessen, da kaum die oberflächlichsten Umrisse hier
'latz finden könnten. Noch immer ist Montucla's vortreffli-
hes Werk das einzige, welches die Geschichte dieser Wis-
enschaft auf eine angemessene Weise behandelt, aber freilich
ie neuesten Zeiten nicht mehr umfaſst[1]. Kleinere Abrisse der
Geschichte der Mathematik giebt es mehrere. Für die Lite-
atur der ganzen Mathematik leisten recht viel: Literatur
ler Mathematik, Natur- und Gewerbskunde mit Inbegriff
ler Kriegskunst und anderer Künste, seit der Mitte des acht-
ehnten Jahrhunderts bis auf die neueste Zeit, von J. S.
Ersch. Neue fortgesetzte Ausgabe von F. W. Schweigger-
Seidel. Leipzig, bei Brockhaus 1828. und Auserlesene ma-
hematische Bibliothek oder alphabetisches und wissenschaft-
iches Verzeichniſs der besten mathematischen alten und neuen
bis 1820 herausgekommenen Schriften von Joh. Wolfg.
Müller. Nürnberg in d. Lechnerischen Buchh. 1820.

Lehrbücher der Mathematik hier anzuführen scheint mir
bei der groſsen Zahl derselben, da selbst die bessern hier nicht
alle genannt werden könnten, ohne Nutzen. Klügel's von
Mollweide fortgesetztes und jetzt für die reine Mathematik
durch Grunert beendigtes mathematisches Wörterbuch in 5
Bänden, zu denen noch Supplemente von Grunert in 2 Bän-
den erschienen sind (Leipz. b. Schwickert), enthält über die
wichtigsten Gegenstände der Mathematik sehr schätzenswerthe
Belehrungen.

B.

---

1 Montucla histoires des mathématiques. Séc. édit. Tome I — IV.

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

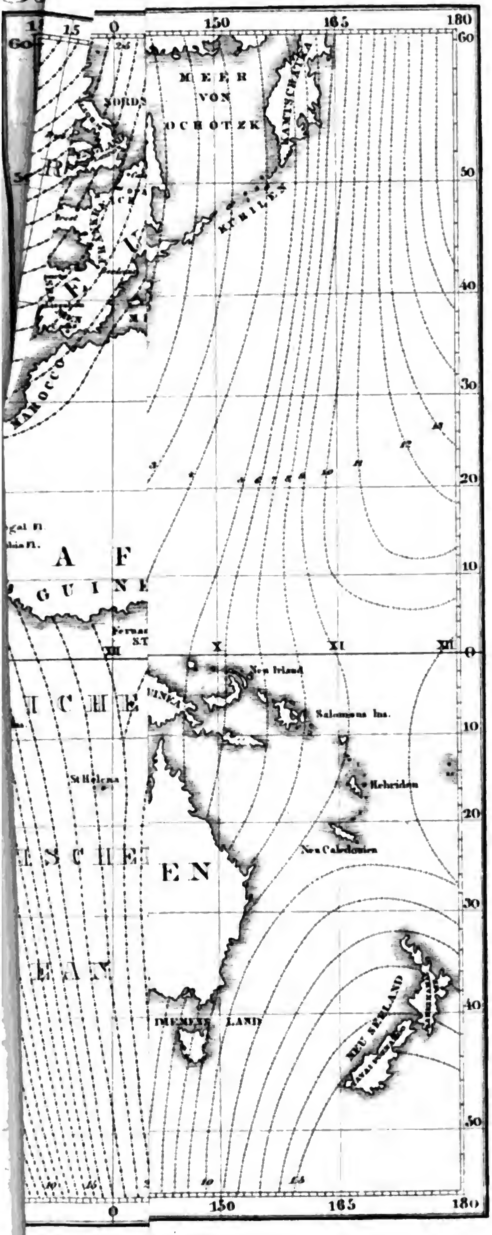
Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

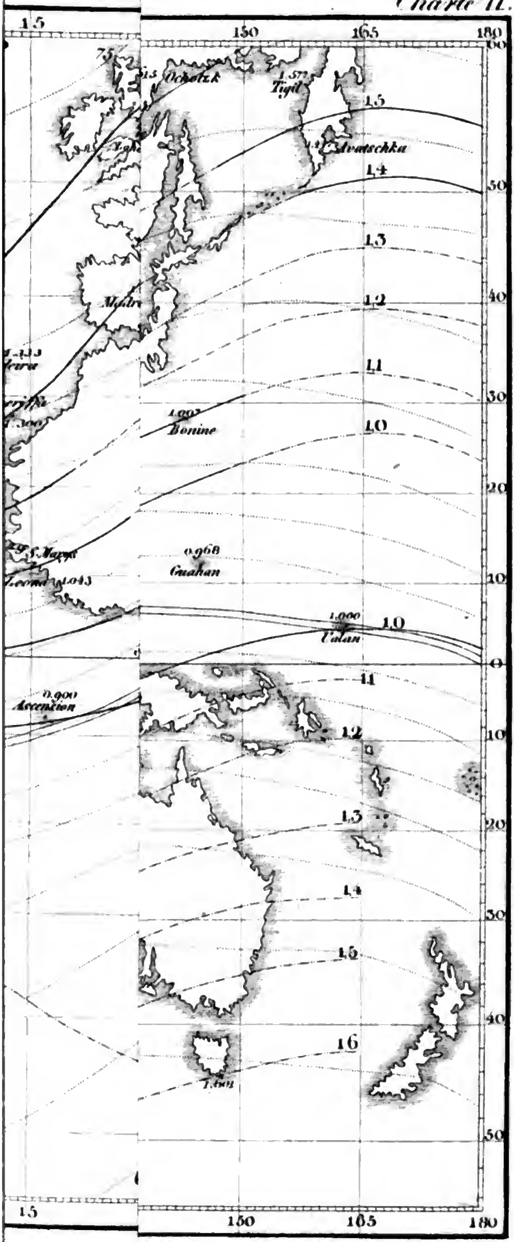
Digitized by Google

Charte I.


MEER
VON
OCHOTZK
KAMTSCHATKA
MAROCCO
A F
GUINE
New Irland
Salomons Ins.
St Helena
Hebriden
Neu Caledonien
EN
DIEMENS LAND
NEU SEELAND
X
XI
XII
150
165
180
0
60
50
40
30
20
10

Digitized by Google

Charte II.

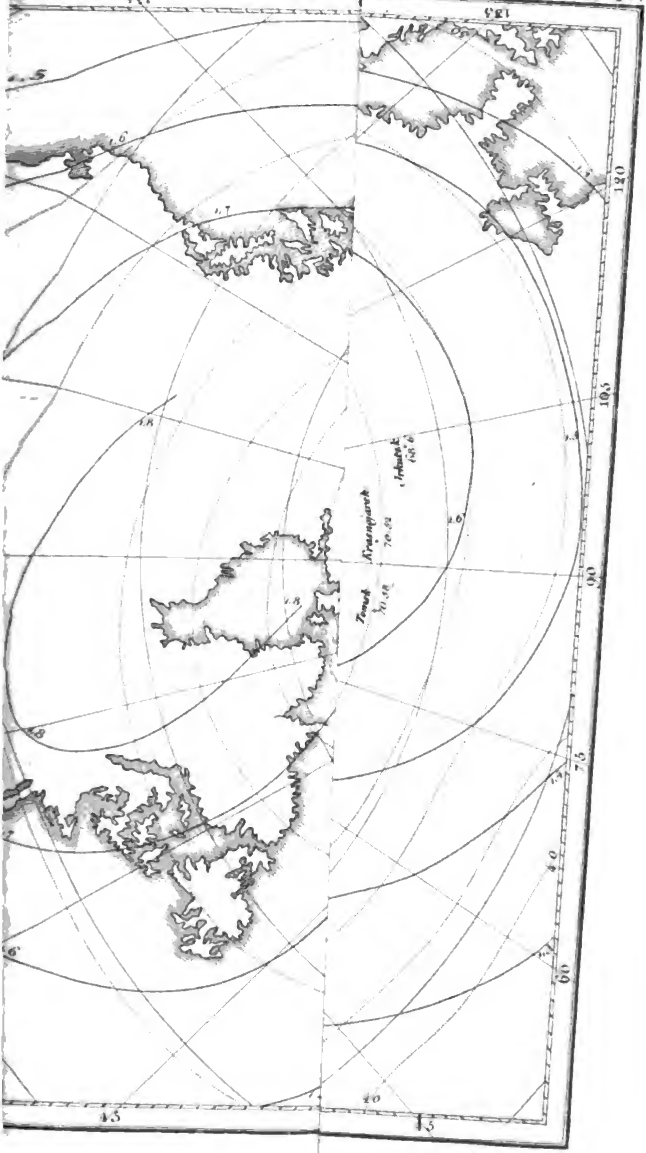


Digitized by Google

Digitized by Google

VI.

Charte IV.



19

Digitized by Google

Digitized by Google

Widener Library
3 2044 089 527 691
Digitized by Google